

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ
ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ

ՏԵԴԵԿԱԳԻՐ ИЗВЕСТИЯ

АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՍԵՐԻԱ
СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Журнал издается с 1948 г.
Выходит 6 раз в год на русском языке

Խ Ր Ա Չ Ի Ա Վ Ա Ն Կ Ո Շ Ե Ի Ա

Կասյան Մ. Վ. (պատ. խմբագիր), Բլգոնց Հ. Տ. (պատ. խմբագրի տեղակալ),
Ալեքսենկի Վ. Վ., Ամանյան Ա. Կ., Զաղարյան Մ. Ա., Հակոբյան Ռ. Խ.,
Սարրզալյան Յու. Լ., Ստակյան Մ. Գ., Տեր-Ազարյե Ի. Ա.,
Փինտոյան Վ. Վ. (պատ. խմբագրի տեղակալ),
Պատասխանատու քարտուղար Ստեփանյան Զ. Կ.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Касьян М. В. (ответ. редактор), Адоныч Г. Т. (зам. ответ. редактора),
Алексеевский В. В., Аманян А. К., Аконян Р. Е., Задоян М. А.,
Пинаважян В. В. (зам. ответ. редактора), Саркисян Ю. Л.,
Стакин М. Г., Тер-Азарьев Н. А.
Ответственный секретарь Степанян Э. К.

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Ю. Л. САРКИСЯН, А. Г. ХАРАТЯН

ОБ АНАЛОГИИ КОНЕЧНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПЛОСКИХ
И ПРОСТРАНСТВЕННЫХ МНОГОКОНТУРНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Метод количественного воспроизведения конечных перемещений пространственного четырехзвенника типа ВШЦЦ при помощи плоского шарнирного четырехзвенника впервые предложен в [1]. В [2] решена задача, обратная рассмотренной в [1], и установлено взаимное соответствие между плоскими и сферическими четырехзвенниками, у которых неявные функции положения, выраженные в тангенсах половинных углов поворота входных и выходных звеньев, совпадают.

В настоящей работе свойство кинематической аналогии плоских и пространственных четырехзвенников переносится на многозвенные механизмы, образуемые последовательным соединением четырехзвенников.

Сначала рассмотрим задачу построения плоских аналогов сферических и пространственных многоконтурных механизмов. Воспользуемся известной кинематической аналогией между плоскими и сферическими шарнирными четырехзвенниками. У этих механизмов неявные уравнения взаимосвязи конечных перемещений φ_1 и φ_4 входного и выходного звеньев, выраженные в тангенсах половинных углов, имеют одинаковую форму [1]:

$$[k_1 + k_2 \operatorname{tg}^2(\varphi_1/2)] \operatorname{tg}^2(\varphi_4/2) - 4k_3 \operatorname{tg}(\varphi_1/2) \operatorname{tg}(\varphi_4/2) + k_4 + k_5 \operatorname{tg}^2(\varphi_1/2) = 0. \quad (1)$$

Для плоского механизма коэффициенты k_i ($i = 1, 2, \dots, 5$) в уравнении (1) равны:

$$k_1 = (d - a - c)^2 - b^2; \quad k_2 = (d + a - c)^2 - b^2; \quad k_3 = 2ac; \\ k_4 = (d - a + c)^2 - b^2; \quad k_5 = (d + a + c)^2 - b^2,$$

а для сферического:

$$k_1 = -2[\cos(\delta - \alpha - \gamma) - \cos \beta]; \quad k_2 = -2[\cos(\delta + \alpha - \gamma) - \cos \beta]; \\ k_3 = 2\sin \alpha \sin \gamma; \quad k_4 = -2[\cos(\delta - \alpha + \gamma) - \cos \beta]; \\ k_5 = -2[\cos(\delta + \alpha + \gamma) - \cos \beta].$$

где a, b, c, d и $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ — соответственно, длины звеньев и постоянные углы между осями шарниров плоского и сферического четырехзвенников.

Для нахождения плоских аналогов сферических и пространственных многоконтурных механизмов поставим условие, чтобы входные и выходные углы сферического и плоского четырехзвенников были связаны соотношениями:

$$\lg(\varphi_1'/2) = \xi \lg(\varphi_2/2); \quad \lg(\varphi_4'/2) = \eta \lg(\varphi_3/2), \quad (2)$$

где ξ и η — постоянные коэффициенты. Однако, условия (2) могут иметь место лишь в том случае, если коэффициенты k_1 и k_4 удовлетворяют следующим равенствам:

$$k_1 = \eta^2 k_1'; \quad k_2 = \eta^2 \xi^2 k_2'; \quad k_3 = \eta^2 k_3'; \quad k_4 = k_4'; \quad k_5 = \xi^2 k_5'.$$

С учетом (1), эти соотношения приводятся к уравнениям:

$$\xi = \frac{4\eta k_3' + \sqrt{16\eta^2 k_3'^2 + 4(k_5' - \eta^2 k_4')(k_4' - \eta^2 k_1')}}{2(k_5' - \eta^2 k_1')}$$

или

$$\eta = \frac{4\xi k_3' - \sqrt{16\xi^2 k_3'^2 + 4(k_1' - \xi^2 k_2')(k_4' - \xi^2 k_5')}}{2(k_1' - \xi^2 k_2')}$$

$$a^2 = \frac{\eta k_3' [\eta^2 (\xi^2 k_5' - k_1') + 2\eta \xi k_3]}{2[\xi(k_5' - \eta^2 k_4') - 2\eta k_3]}; \quad c^2 = \frac{\xi k_3' [\xi^2 (k_5' - \eta^2 k_4') - 2\eta \xi k_3]}{2[\eta(\xi^2 k_5' - k_1') + 2\xi k_3]}; \quad (3)$$

$$d^2 = \frac{[\eta^2 (\xi^2 k_5' - k_1') - k_4' + \xi^2 k_5']^2}{64a^2}; \quad b^2 = (d - a - c)^2 - \eta^2 k_3'.$$

Заданная определенное значение коэффициентам ξ или η , с помощью уравнений (3) находим плоский четырехшарнирный аналог, соответствующий условиям (2). Отметим, что при $\xi = 1$ из (3) получаются известные уравнения для определения плоского аналога сферического четырехзвенника [1]. При $\eta = 1$ тангенсы входных половинных углов исходного сферического четырехзвенника и его плоского аналога связаны коэффициентом ξ , а выходные углы равны между собой.

Полученные уравнения (3) можно использовать для определения плоских аналогов сферических и пространственных многоконтурных механизмов. Рассмотрим, например, случай сферического двухконтурного шестишарнирника (рис. а). Пусть входной и выходной углы плоского шестишарнирного аналога (рис. б) удовлетворяют условиям:

$$\lg(\varphi_1'/2) = \xi \lg(\varphi_2/2); \quad \lg(\varphi_4'/2) = \eta \lg(\varphi_3/2). \quad (4)$$

Длины звеньев первого составляющего четырехзвенника a_1, b_1, c_1, d_1 плоского шестишарнирника и коэффициент ξ определяем по уравнениям

(3) при $\eta = 1$. Параметры же второго составляющего четырехзвенника b_2, c_2, d_2 и коэффициент η определяются из уравнений (3) при $\xi = 1$. Углы компоновки четырехзвенников λ'_{12} и λ'_{21} равны между собой $\lambda'_{12} = \lambda'_{21}$, т. к. $\varphi'_4 = \varphi_1$ и $\varphi'_2 = \varphi_4$ (рис).

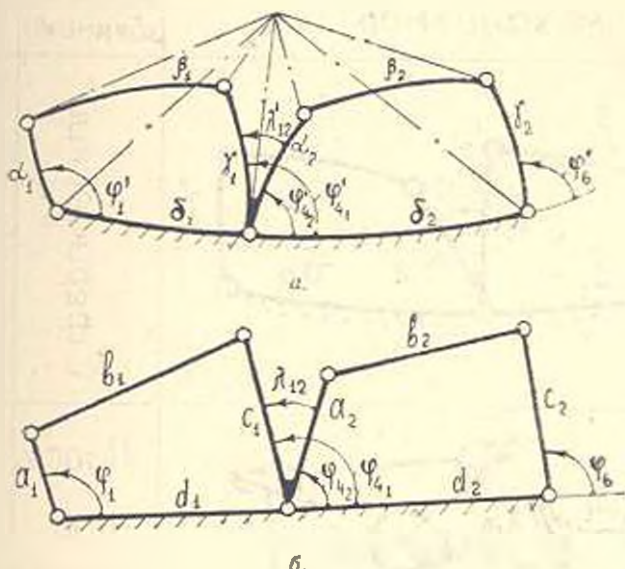


Рис..

В таблице приведено 4 варианта сферических и пространственных механизмов, образуемых различными комбинациями четырехзвенников и значения коэффициентов ξ_i и η_i (индекс i указывает номер составляющего четырехзвенника), подставляемые в уравнениях (3) при определении параметров плоских аналогов.

Рассмотрим теперь обратные преобразования, сопоставляющие плоским многоконтурным механизмам сферические и пространственные аналоги. При этом вновь исходим из уравнений (1). Чтобы соблюдались условия (2), коэффициенты k_1 и k_2 в уравнениях (1) должны удовлетворять следующим соотношениям:

$$\begin{aligned} k_1/k_3 &= \xi k_1/\eta k_2; & k_2/k_3 &= k_2/\eta \xi k_1; \\ k_4/k_3 &= \eta \xi k_4/k_2; & k_5/k_3 &= \eta k_5/\xi k_2. \end{aligned}$$

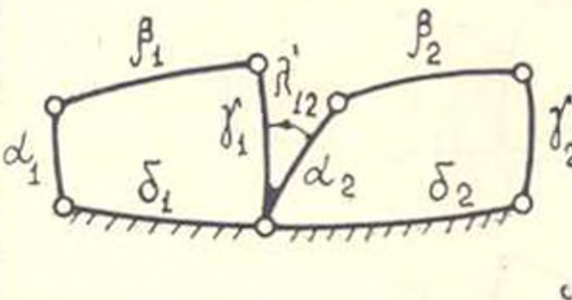
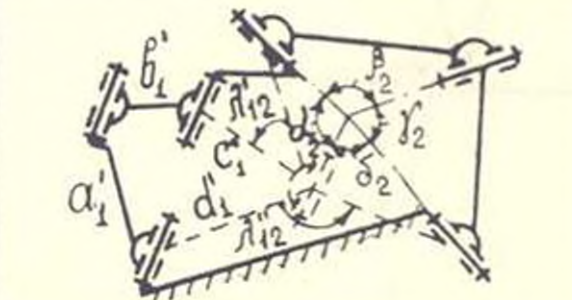
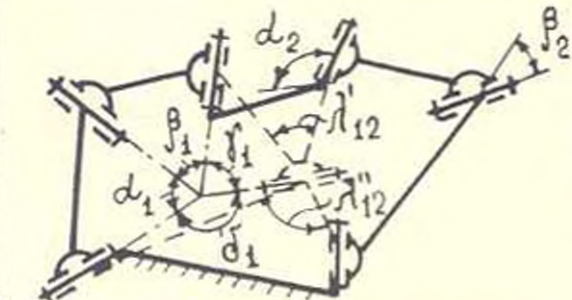
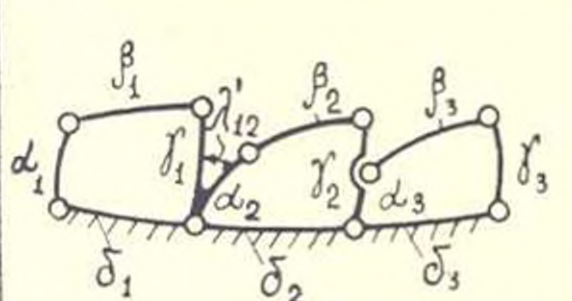
С учетом уравнений (1) эти соотношения приводятся к следующим уравнениям:

$$\begin{aligned} \cos \bar{\alpha} &= (A - B - C + D)/4; & \lg a &= 4 \sin \bar{\alpha} / (D - B - A + C); \\ \lg \gamma &= 4 \sin \bar{\alpha} / (B - A - C + D); & \cos \beta &= A \sin \alpha \sin \gamma + \cos (\bar{\alpha} - \alpha - \gamma). \end{aligned} \quad (5)$$

где

$$A = \xi k_1/\eta k_2; \quad B = k_2/\eta \xi k_1; \quad C = \eta \xi k_4/k_2; \quad D = \eta k_5/\xi k_2.$$

Таблица

Схемы многозвенных механизмов	Составные четырехзвенники	Значения ξ_i и η_i
	Сферический	$\eta_1 = 1$
		$\xi_2 = 1$
	Плоский	—
	Сферический	$\xi_2 = 1$
	Сферический	$\eta_1 = 1$
	Механ. Беннета	$\xi_2 = 1$
	Сферический	$\eta_1 = 1$
		$\xi_2 = 1$
		$\xi_3 = \eta_2$

При выбранных значениях коэффициентов ξ и η уравнения (5) относятся данному плоскому шарнирному четырехзвеннику, единственный сферический четырехзвенник, отвечающий условиям (2). При $\xi = 1$ из (5) можно получить известные уравнения, определяющие сферический аналог плоского четырехзвенника [2].

С помощью уравнений (5) можно получить сферические и пространственные аналоги плоских многоконтурных механизмов. Пусть, например, требуется получить сферический аналог плоского шестизвенного двухконтурного механизма (рис. 6), который должен удовлетворять условиям (4). Параметры $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \delta_1$ первого составляющего сферического четырехзвенника (рис. а) находим из уравнений (5) при $\eta = 1$ произвольно выбранном ξ , а параметры $\alpha_2, \beta_2, \gamma_2, \delta_2$ второго составляющего четырехзвенника — при $\xi = 1$ и произвольном η , а угол компоновки $\lambda'_{12} = \lambda_{12}$.

Итак, уравнения (3) вместе с (5) устанавливают некоторое взаимное соответствие, сопоставляющее данным многоконтурным сферическим и пространственным механизмам плоский многоконтурный аналог и наоборот. Исключение составляют те механизмы, для которых уравнения (3) и (5) не имеют действительного решения.

Описанное свойство кинематической аналогии можно эффективно применять в кинематическом анализе и синтезе сферических и пространственных многозвенных механизмов.

При синтезе сферического шестизвенника (рис. а) с приближенным выстоем выходного звена в крайнем положении входными параметрами являются продолжительность выстоя, угол размаха выходного звена и точность выстоя. Процедура синтеза осуществляется в следующем порядке.

1. Задавая значения свободных параметров $\alpha_2, \beta_2, \gamma_2, \delta_2$, по формулам (3) при $\xi_2 = 1$ определяем параметры a_2, b_2, c_2, d_2 второго составляющего четырехзвенника плоского моделирующего шестизвенника (рис. б) и коэффициент ξ_2 .

2. По заданной величине угла размаха и точности выстоя с помощью (4) определяются положения выходного звена плоского моделирующего шестизвенника.

3. По справочным картам из [3] определяются остальные параметры $a_1, b_1, c_1, \lambda_{12}$ плоского моделирующего шестизвенника.

4. Из условия обеспечения заданной продолжительности выстоя входного звена сферического шестизвенника определяется коэффициент ξ_1 , а по формулам (5) — параметры $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \delta_1$ сферического аналога первого составляющего четырехзвенника при полученном значении коэффициента ξ_1 и предположении $\eta_1 = 1$, причем, угол компоновки $\lambda'_{12} = \lambda_{12}$.

Рассмотрим теперь синтез сферического шестизвенника с углом качания выходного коромысла, равным 180° , и приближенным выстоем последнего в одном из крайних положений. Механизм состоит из двух последовательно-соединенных четырехзвенников — кривошипно-коромыс-

лового и двухкоромыслового. Синтез проводится в 2 этапа. На первом этапе посредством синтеза плоского моделирующего четырехзвенника проектируется второй составляющий четырехзвенник, преобразующий малое качание промежуточного коромысла в угол качания выходного звена, равный 180° , с приближенным выстоем в одном из крайних положений. Параметры сферического аналога $a_2, \beta_2, \gamma_2, \delta_2$ находим по формулам (5) при $\gamma_2 = 1$ и произвольном δ_2 .

На втором этапе определяем параметры первого составляющего плоского моделирующего четырехзвенника a_1, b_1, c_1 и угол компоновки λ_{12} . По заданной продолжительности выстоя входного звена сферического шестизвенника находим коэффициент ξ_1 и по формулам (5) при $\gamma_1 = 1$ и известном ξ_1 вычисляем параметры $a_1, \beta_1, \gamma_1, \delta_1$ сферического аналога первого четырехзвенника, причем, угол компоновки $\lambda_{12} = \lambda_{12}$.

ЕрПИ им. К. Маркса

3. III. 1984

ՅՈՒ. Կ. ՈՐԿՈՅԱՆ, Ա. Գ. ԿԱՍՏԱՆՆ

ՀԱՐՔ ԵՎ ՏԱՐԱԹԱԿԱՆ ԲԱԶՄԱԿՈՆՏՈՐԻ ԴԵՆԱԿԶԻԴԵՆՏԻ ՎԵՐՋԱՎՈՐ ՏԵԿՍՓՈՆՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՆԴԱՆՈՐԻՆԱԿՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա. մ փ ո փ ո լ մ

Հարթ և տարածական բառադակ մեխանիզմների կրկնմատրիկական նմանորինակության հաշտնի հատկությունը զարգացվում է տարածվում բառադակ մեխանիզմների հաջորդական միացումով ստացվող բազմադակ մեխանիզմների վրա: Ցույց են տրված կրկնմատրիկական նմանորինակության նշված հատկության կիրառությունները գնդաձև և տարածական բազմակոնտոր մեխանիզմների անալիզում և սինթեզում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Дикенберг Ф. М. Об аналогии конечных перемещений пространственного и плоского четырехзвенника. — Изв. АН СССР, ОТН, 1949, № 2, с. 181—185.
2. Саркисян Ю. Л., Харатян А. Г. Метод плоского моделирования в кинематике пространственных механизмов. — Машинопедение, 1983, № 5, с. 39—44.
3. Нейбах Э. Е. Справочные карты по синтезу шарнирного шестизвенника. — Механика машин, 1974, вып. 44, с. 125—139.

МАШИНОСТРОЕНИЕ

В. М. СЕМЕНОВ, Г. Г. КОЛОЗЯН, Е. Ф. ВОЛОБУЕВ

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
НА КОНСТРУКЦИЮ АВТОМОБИЛЯ

В статье изложены результаты исследований динамики низкочастотной сложной взаимосвязанной системы «двигатель—трансмиссия—двигатели—подвеска—масса автомобиля» с целью установления влияния на динамику основных геометрических параметров, конструкции автомобиля обычной компоновки типа 4×2.

За основу взята математическая модель динамики движения автомобиля классической компоновки с одним ведущим мостом, изложенная в [1, 2], расчетная схема которой приведена на рис. 1а, и на ее примере рассмотрим влияние основных конструктивных параметров на низкие собственные частоты колебаний.

На основе анализа системы по собственным частотам (спектр частот 0—600 Гц) расчетная схема, которая описывалась четырьмя дифференциальными уравнениями второго порядка, упрощена и рассматривалась только низкочастотная система. После приведения системы дифференциальных уравнений к матричной форме вида:

$$M\{\ddot{q}\} + C\{\dot{q}\} = 0 \quad (1)$$

и подстановки значений параметров для автомобиля типа «Москвич-412», проведено исследование на ЭВМ ЕС-1020 с целью определения низких связанных собственных частот колебаний рассматриваемой динамической системы.

В уравнении (1): M — матрица коэффициентов инерции, диагональные элементы которой равны соответствующим значениям моментов инерции или масс, а внедиагональные равны нулю; C — симметричная матрица коэффициента жесткости.

Поскольку исследуем полуопределенную систему, то первая частота равна нулю и ей соответствует форма движения принятой динамической системы, как твердого тела.

Сравнения частот, полученных для обычных систем «подвеска—автомобиль» без учета трансмиссии (рис. 1б) и «двигатель—трансмиссия—автомобиль» без учета подвески (рис. 1в), с частотами сложной взаимосвязанной системы показывают, что если частоты f_3 и f_4 сложной системы незначительно отличаются от таковых, рассчитанных для вер-

тикальных и продольно-угловых колебаний системы «подвеска—автомобиль», то частота f_2 почти в 1.5 раза ниже частоты системы «маховая масса двигателя—жесткость трансмиссии, шин, рессор в продольном направлении — поступательная масса автомобиля».

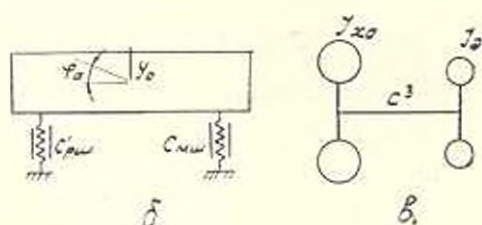
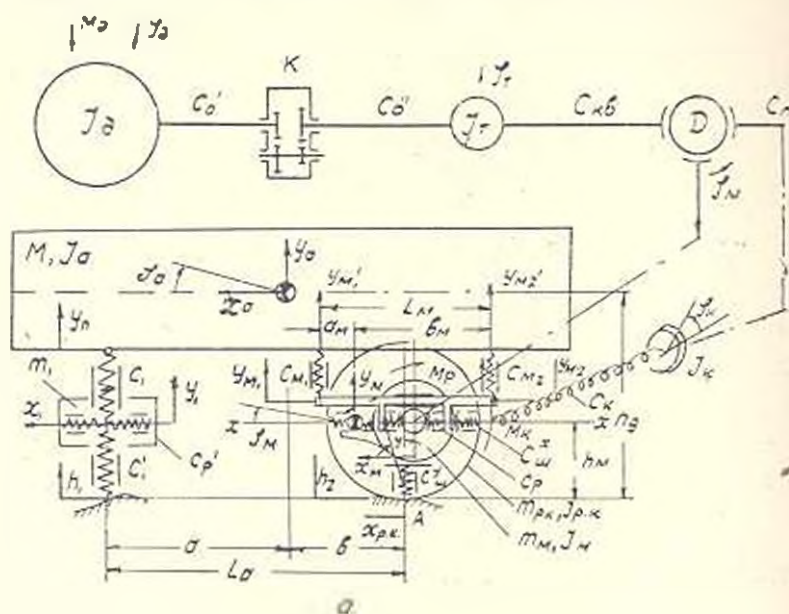


Рис. 1.

Рассмотрим влияние основных геометрических параметров конструкции автомобиля на его собственные низкие частоты колебаний. Изменим координаты положения центра тяжести автомобиля a , b , h_c (при неизменном его моменте инерции I_0 и базе автомобиля L_0), радиус качения колес r_k , координаты положения центра тяжести моста a_m , b_m (вначале при неизменной, а затем при переменной базе рессорной подвески L_m).

При отношении $a/b = 1$ частота f_2 достигает своего максимального, а частота f_4 — минимального значений. Увеличение или уменьшение отношения по сравнению с $a/b = 1$ ведет к уменьшению частоты f_4 и увеличению f_2 при практически неизменной f_2 .

Связанность системы подвески с трансмиссией влияет, в основном, на частоту f_4 ; она увеличивается, примерно, на 5% по сравнению с расчетом системы только подвески автомобиля. В пределах изменений отношения a/b от 0,7 до 1,7 частоты f_3 и f_4 изменяются на 7% по сравнению с их значениями при $a/b = 1$. Таким образом, если вести расчеты по частотам без учета связанности вертикальных колебаний с продольно-угловыми и с трансмиссией, то максимальная погрешность в определении частот f_3 и f_4 в указанных пределах изменения a/b может достигать до 10–12%.

Исследования показали, что частоты $(f_3 + f_4)$ практически не зависят от изменения высоты центра тяжести и радиуса колес r_k .

Рассмотрим физический смысл описанных особенностей изменения собственных частот колебаний в зависимости от геометрических параметров конструкции рассматриваемой динамической системы автомобиля.

Колеса ведущего моста принимаем безынерционными и считаем, что при поступательном колебательном движении ведущих колес отсутствует разрыв их контакта в точке А с массой автомобиля.

При анализе влияния приведенной длины базы рессор ведущего моста на частоты f_3 и f_4 получается, что приведенная крутильная жесткость рессор находится в зависимости:

$$C_{\Sigma}^* = C_{\Sigma} \cdot a_{\Sigma}^2 + C_{\Sigma} \cdot b_{\Sigma}^2 + C_{\Sigma}^* \left(\frac{b - a_{\Sigma}}{2} \right)^2, \quad (2)$$

т. е. при одной и той же вертикальной жесткости рессор C_{Σ} , чем больше приведенная длина рессор L_{Σ} , тем больше C_{Σ}^* . Но с увеличением C_{Σ}^* увеличивается эквивалентная жесткость C_{Σ}^* системы упругих элементов „валы — трансмиссии — шины — рессоры“.

С увеличением жесткости C_{Σ}^* существенным образом должны меняться 1-я и 2-я формы колебаний, повышая соответствующие частоты f_3 и f_4 (первой формы колебаний соответствует частота f_3 , а второй — f_4). Этому также способствует, за счет уменьшения L_{Σ} , повышение эквивалентной жесткости C_{Σ}^* . Частота f_2 изменяется при этом несущественно, ввиду слабой при $a/b = 124/116$ связанности между угловыми и вертикальными колебаниями массы автомобиля. Из (2) видно, что в зависимости от увеличения отношения a_{Σ}/b_{Σ} при постоянной приведенной длине рессор L_{Σ} ведущего моста жесткость C_{Σ}^* уменьшается, снижая частоту f_3 , за счет отсутствия влияния C_{Σ}^* .

ԵՐԿՐԱԶԱՓԱԿԱՆ ՊԱՐԱՄԵՏՐԻՆԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԻՎ ՏՈՄՈՐԻՆԻ
ԿՈՆՍՏՐՈՒԿՑԻԱՅԻ ՎՐԱ

Ա մ փ ո փ ու մ

Աշխատանքում վերլուծված է ամբողջ ավտոմոբիլի ցածր կապակցված տատանումների առաջացման պատճառները ինչպես ուժային փոխանցումից, այնպես էլ կախոցքի աշխատանքից:

Նման մոտեցումը թույլ է տալիս վերլուծել ավտոմոբիլի հիմնական կառուցվածքային պարամետրերի ազդեցությունը նրա աշխատանքի վրա, որը հնարավորություն է ստեղծում նախագծման ընթացքում գիտականորեն լուծել հոնատրուկցիայի օպտիմիզացման հարցը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Семенов В. М. и др. О динамике автомобиля как колебательной системы со многими степенями свободы. — Автомобильная промышленность, 1976, № 4, с. 28—35.
2. Ротенберг Р. В. Подвеска автомобиля. — М.: Машиностроение, 1972 — 392 с

ЭНЕРГЕТИКА

С. Г. АКОНЯН

УСКОРЕНИЕ СХОДИМОСТИ ИТЕРАЦИОННОГО ПРОЦЕССА
ЗАДАЧИ ПОТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ
СИСТЕМЫ

Для повышения эффективности метода расчета потокораспределения стационарного режима газотранспортной системы (ГТС), рассмотренного в [1, 2], в настоящей работе приводятся несколько способов ускорения сходимости итерационного процесса расчета.

Матрица $[g_{jk}]$ рассмотренной в [1, 2] системы уравнений узловых давлений

$$\sum_{k=1}^m g_{jk}(P_j^{(v)}; P_k^{(v)}, P_k^{(v+1)}) = q_j - \sum_{r=m+1}^s g_{jr}(P_j^{(v)}; P_r) \cdot P_r - \lambda_j(P_j^{(v)}; P_k^{(v)}) \quad (1)$$

$$j = 1, 2, \dots, m, \quad k = 1, 2, \dots, m$$

является слабо заполненной и содержит большое число нулевых элементов, т. е. разреженная. В (1) приняты следующие обозначения: P_i — неизвестные узловые давления; P_r — заданные узловые давления (число узлов с заданными давлениями P_r по сравнению с числом узлов с неизвестными давлениями P_i мало); q_j — заданные узловые расходы (притоки); λ_j — элементы вектора, определяемые из исходных уравнений участков ГТС по формуле, приведенной в [1, 2]; s — общее число точек; r — индекс узловых точек, в которых задаются узловые давления (балансирующие узлы); v — индекс итераций.

Матрица проводимостей $[g_{jk}]$ системы (1) положительно определенная и может показаться, что не возникнет никаких трудностей относительно поведения метода при ее решении. В реальных условиях из-за ограниченности порядков чисел в ЦВМ и наличия округления в некоторых случаях матрица $[g_{jk}]$ имеет плохую обусловленность, приближенным показателем чего является значение определителя матрицы $[g_{jk}]$, которое в некоторых случаях близко к нулю. При этом итерационный процесс останавливается после некоторого числа итераций по причине переполнения порядков чисел в ЦВМ.

Рассмотрим следующие математические приемы, которые значительно ускоряют итерационный процесс, вследствие чего устраняются причины расходимости итерационного процесса решения системы (1).

1. Для ускорения сходимости итерационного процесса (1) используется известное положение о том, что чем больше диагональные элементы матрицы $[g_{jk}]$ по сравнению с суммой недиагональных, тем быстрее будет сходимость. Отсюда следует целесообразность усиление (увеличения) диагональных элементов матрицы $[g_{jk}]$. Предлагается путем добавления в левую и правую части каждого уравнения системы (1) слагаемого построение следующей схемы итерации:

$$\sum_{k=1}^m g'_{jk}(P_j^{(n)}; P_k^{(n)}) \cdot P_k^{(n+1)} =$$

$$= q_j - \sum_{r=1, r \neq j}^m g_{jr}(P_j^{(n)}; P_r) \cdot P_r - \lambda_j(P_j^{(n)}; P_k^{(n)}) + g_0 P_j^{(n)}, \quad (2)$$

$$j = 1, 2, \dots, m; \quad k = 1, 2, \dots, m,$$

где g'_{jk} — элементы матрицы проводимостей с усиленными диагональными элементами; g_0 — положительное число, величина которого определяется из условия сходимости итерационного процесса линейной системы (2), в которой требуется, чтобы какая-либо норма матрицы $[g'_{jk}]$, например, построчная норма по j (эм-норма), была бы меньше единицы, что приводит к следующему неравенству для определения значений g_0 :

$$g_0 > g_{ij} \quad (3)$$

для всех значений j .

Поскольку в (3) g_{ij} зависит от узловых давлений, для облегчения нахождения величины g_0 рекомендуется использовать результаты эксперимента на ЦВМ.

Между элементами матрицы $[g_{jk}]$ имеет место неравенство:

$$g_{jj} + g_0 > \sum_{k=1}^m |g_{jk}|, \quad j = 1, 2, \dots, m. \quad (4)$$

Отметим, что строгое неравенство типа (4) между элементами матрицы $[g_{jk}]$ не имеет места [1, 2], поэтому скорость сходимости итерационной процедуры (2) будет больше, чем (1).

В конце итерационной процедуры, когда разность по абсолютной величине вектора узловых давлений между двумя шагами итерации меньше или равна заданной точности расчета, добавление в левую и правую части уравнения (1) слагаемого $g_0 P_k$ незначительно изменит решение на малую величину второго порядка, что вполне допустимо. По сути дела, этот прием фактически увеличивает определитель матрицы проводимостей, и, следовательно, его обусловленность.

Многочисленные решенные примеры показали, что при выборе начального вектора, исходящегося значительно далеко от решения, получена быстрая сходимость решения. Для рассмотренного в данной рабо-

те примера были заданы разбросанные значения начального давления в пределах от 0 до 120 ($P_i^{(0)} \neq P_k^{(0)}$), а решение находилось в пределах 25—46 МПа. Результаты решения показали, что время решения практически не зависит от величины выбора начального вектора.

Чтобы практически выяснить, как действует увеличение обусловленности матрицы проводимостей системы (2) на скорость сходимости, был решен ряд примеров применительно к конкретным ГТС. Эти расчеты показали, что по рассмотренному способу ускорения количество итераций сокращается, примерно, в 2—3 раза.

Чтобы исследовать, устраняются ли причины математического характера, вызывающие в некоторых случаях расходимость процесса итерации, выбрана задача, которая без добавления к диагональным элементам $\mathbf{g}_0$ приводит к расходящемуся процессу. Эта же задача решалась с добавлением $\mathbf{g}_0 = 0,01$, и получено сходящееся решение (см. пример).

2. Проведенные экспериментальные исследования показали, что выбор той или иной последовательности нумерации узлов расчетной схемы ГТС существенно сказывается на скорости сходимости итерационного процесса систем (1) и (2). Известен [3] метод нахождения «согласующейся» последовательности нумерации узлов расчетной схемы электрической системы при решении задач потокораспределения, который обеспечивает большую скорость сходимости итерационного процесса.

В настоящей работе дается описание метода нахождения «согласующейся» последовательности нумерации узлов расчетной схемы ГТС, в общем случае применительно к задаче потокораспределения с использованием уравнений узловых давлений. По сути дела, этот метод приводит к вычерчиванию направленного графа сети ГТС по следующему логическому алгоритму:

- все ветви рассматриваемой схемы ГТС представляются как пути двух направлений между двумя узлами;

- балансирующие узлы выбираются вне замкнутых контуров;

- в каждом замкнутом контуре должно быть четное число ветвей;

- если число ветвей нечетное, то его делают четным путем добавления фиктивного узла с нулевым отбором;

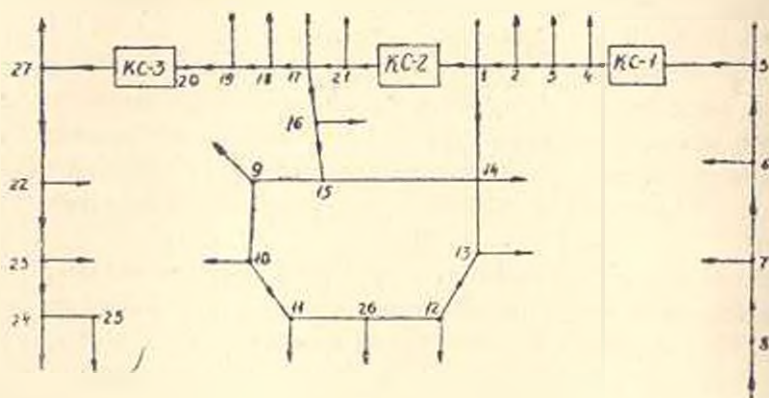
- для каждого узла по очереди (с номером j) рассматриваются поочередно все ветви, связывающие этот узел с другими узлами (с номером k); если $k > j$, то узлы j и k соединяются путем, имеющим направление от j к k и отмеченным двойной стрелкой («основной путь»); в противном случае между узлами j и k вычерчивается путь, отмеченный простой стрелкой («вспомогательный путь») того же направления;

- если любой замкнутый путь направленного графа содержит одинаковое число основных и вспомогательных путей, то последовательность узлов считается «согласующейся».

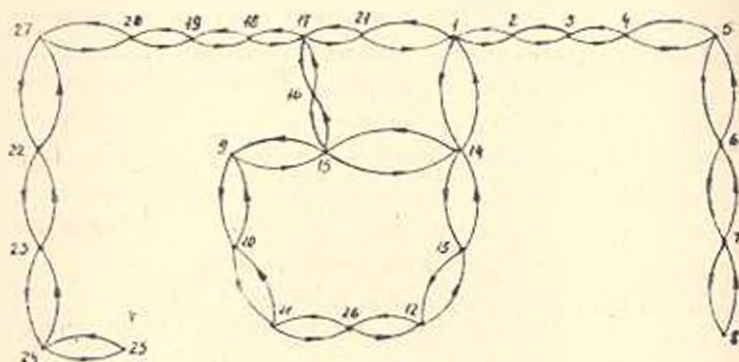
Для пояснения вопроса по установлению «согласующейся» последовательности нумерации узлов рассмотрим схему ГТС, представлен-

ную на рис. 1а. Все ветви рассматриваемой схемы ГТС (рис. 1а) представляются как пути двух направлений между двумя узлами (рис. 1б).

На рис. 1а в контуре 9-10-11-12-13-14-15-9 нечетное количество (семь) ветвей. Добавлением 26-го узла с нулевым отбором в этом же контуре достигаем четного количества (восемь) ветвей. В схеме рис. 1а балансирующим является 27-ой узел.



а.



б.

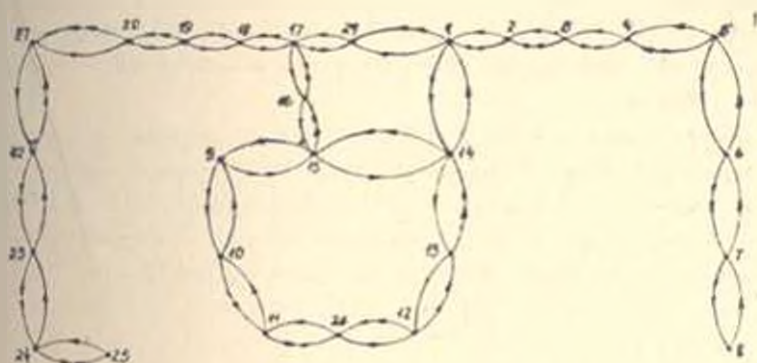
Рис. 1.

На рис. 2а показана «несогласующаяся» последовательность нумерации узлов (замкнутый путь 17-16-15-9-10-11-12-13-14-1-21-17), а на рис. 2б — «согласующаяся» (17-15-16-1-14-21-17; 16-9-10-11-26-13-12-1-16; 17-15-16-9-10-11-26-13-12-1-14-21-17).

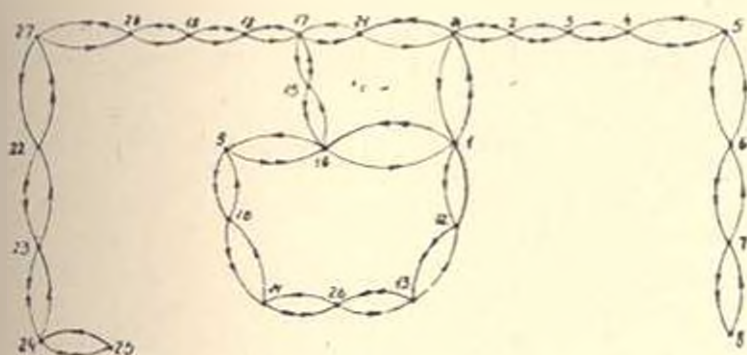
Поскольку рассматриваемый алгоритм нумерации узлов для заданной схемы ГТС реализуется только на основе логических операций, такая нумерация выполняется однократно, до начала расчета режима, и используется до тех пор, пока структура ГТС не изменится так, чтобы возникла необходимость перенумерации.

Пример. Рассматривается ускорение сходимости итерационного процесса расчета потокораспределения стационарного режима для ГТС, схема которого приведена на рис. 2а. Схема состоит из $s = 27$ узлов.

Результаты решения показали, что без добавления к диагональным элементам d_i получился расходящийся процесс, и с добавлением $d_i = 0,01$ сходимость обеспечивалась.



2а.



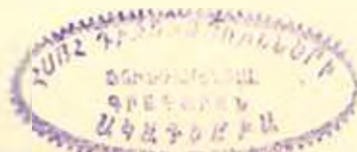
2б.

Рис. 2.

При «несогласующейся» нумерации узлов (согласно рис. 2а) количество итераций равнялось 14, а время решения на ЕС-1020 составляло $t = 100$ с. При «согласующейся» нумерации узлов (согласно рис. 2б) количество итераций — 7, время решения — $t = 50$ с. Точность расчета была задана $\epsilon = 0,002$.

Ермеевский компл. отд.
ВНИИ АЭПРОМ

8.1.1983



**ԿԱԶԱՏՐԱՆՍՊՈՐՏԱՅԻՆ, ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՀՈՍՔԱՐԱԴԵՒՄԱՆ ԽՆԴԻՐԻ ԻՆՏԵՐԱՑԻԱԿ
ՊՐՈՑԵՍԻ ԶՈՒԿԱՄԻՏՄԱՆ ԱՐԱԳԱՑՈՒՄԸ**

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Դիտարկվում է իտեղացիայի պրոցեսի զուգամիտման տրադացման մի քանի ձևեր, որոնք բարձրացնում են թվային հաշվիչ մեքենայի վրա գազատրանսպորտային համակարգի (ԴՏՀ) հոսքաբաշխման ռեժիմի հաշվարկի արդյունավետությունը:

Դիտարկված արագացման ձևերը հիմնված են՝ լուծվող հանրահաշվական հավասարումների հադամդականությունների մատրիացայի անկլոնագծային էլեմենտների ուժեղացման (մեծացման), ԴՏՀ հաշվարկային սխեմայի հանգույցների հաջորդականության «համաձայնեցված» համարակալման և հավասարակշռող հանգույցների հարմարավետ ընտրության վրա:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Акопян С. Г. Расчет потокораспределения стационарного режима газотранспортной системы. — В сб. науч. тр. Проблемы совершенствования и развития прогрессивных технико-экономических норм и нормативов в газовой промышленности. — М.: ВНИИЭГазпром, 1982, с. 81—91.
2. Акопян С. Г. Декомпозиционный метод расчета потокораспределения стационарного режима больших систем транспорта газа. — Изв. АН АрмССР (сер. ТII), 1982, т. XXXV, № 1, с. 16—21.
3. Веников Г. В., Строганов В. А. Применение математических методов и средств вычислительной техники в проектировании и эксплуатации энергетических систем. — М., Энергия, 1966. — 277 с.

ЭНЕРГЕТИКА

Ю. В. ЩЕРБИНА, В. Д. ЛЕПОРСКИЙ, А. А. АРУТЮНЯН

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТИВНОГО
УПРАВЛЕНИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Традиционные методы выбора решений в проектировании и эксплуатации электрических систем основаны на математическом моделировании рассматриваемых объектов в простейших постановках задач — применительно к максимальному расчетному режиму, двум экстремальным (максимальному и минимальному) режимам либо, наконец, статистической совокупности всех мгновенных режимов в течение рассматриваемого интервала времени. При этом выпадает из рассмотрения последовательность явлений в электрической системе и звеньях управления ею, что существенно уменьшает возможности технико-экономического анализа и обоснованного выбора оптимальных решений. Для многих задач, результаты решения которых зависят от последовательности возмущений и времени реакции на эти возмущения, такой подход оказывается практически бесполезным.

Альтернативный метод получил применение в анализе динамической устойчивости энергосистем, а затем — в анализе длительных переходных процессов. В его основе лежит имитационное (кибернетическое) моделирование последовательности процессов, происходящих в системе управления сложным объектом, с помощью ЭВМ.

Имитационной моделью называют комплекс программ для ЭВМ, которые имитируют (отображают) в дискретном времени поведение каждого элемента сложной системы в зависимости от суммы воздействий всех прочих элементов и внешней среды. В составе имитационной модели можно различать информационные блоки, отображающие предысторию, текущее состояние и прогнозируемое поведение каждого элемента, функциональные блоки, имитирующие преобразование входных воздействий и реакции элементов, счетчик дискретного времени и блок передачи информации между элементами по графу причинно-следственных связей. Применение имитационного моделирования к исследованию переходных процессов энергосистем в аварийных ситуациях дало положительные результаты [1].

Современное энергетическое управление энергообъектами носит явно выраженный адаптивный характер, хотя адаптация осуществляется за

счет творческих функций персонала. Переход к прямому ЭВМ — управлению требует формализации и автоматизации адаптационных процессов [2]. Принципиальная особенность таких процессов заключается в их развитии во времени, исключающем возможность адекватного представления с помощью одного, двух, группы или даже бесконечного количества независимых расчетных режимов. Имитационные модели легко отражают взаимодействие элементов во времени и обеспечивают новое качество проектных и эксплуатационных решений, что позволит получить существенный полезный народнохозяйственный эффект.

Рассмотрим постановку задачи и алгоритм имитационного моделирования на примере простейшей адаптивной системы регулирования напряжения в распределительной электрической сети. Регулирование осуществляется изменением под нагрузкой коэффициентов трансформации основных трансформаторов питающих подстанций. Каждый трансформатор имеет микропроцессорный контроллер, получающий по телеметрии информацию о напряжении в нескольких контрольных точках питаемого района и принимающий автономные решения о необходимости изменения коэффициента трансформации своего трансформатора в ту или другую сторону в зависимости от результатов регулярного автоматического анализа. На стадии проектирования требуется решить вопросы и возможности эксплуатации конкретной распределительной сети в замкнутом или разомкнутом режиме, о целесообразности установки регулирования под нагрузкой (РПН) на всех или некоторых питающих подстанциях, количестве и расположении контрольных точек, оптимальных алгоритмах регулирования, устойчивости системы автоматического оптимального управления и др. В условиях эксплуатации могут решаться вопросы о целесообразности дополнительной установки или демонтажа РПН на некоторых подстанциях, развитии сети телеизмерений, параметрах настройки алгоритмов регулирования на каждой подстанции и т. п. Различие проектного и эксплуатационного подходов проявляется в сочетаниях исходных данных, предъявляемых имитационной модели, в свойствах вариантов, сопоставленных с ее помощью, и в характере выводов, которые может сделать человек на основании результатов моделирования. Внутренняя реализация имитационной модели для решения проектных и эксплуатационных вопросов может быть практически одинаковой.

Возможность имитации работы исследуемой системы управления в дискретном времени позволяет получить от модели соответствующие исходным условиям данные о частоте срабатывания каждого РПН, влиянии системы регулирования напряжений на технологический расход (потери) энергии в питаемой сети и т. п. Частоту срабатывания следует связать с интенсивностью выработки ресурса РПН и, следовательно, с затратами на профилактические и капитальные ремонты. Кроме того, каждое срабатывание РПН в какой-то мере угрожает аварией, вызванной отказом внутренней коммутации. Технологический расход энергии

в сети при работе РПН в зависимости от конкретных условий может как уменьшаться, так и возрастать.

В качестве исходных данных для имитационной модели необходимы расчетные нагрузки в узлах электрической сети, усредненные конфигурации графиков нагрузок для потребителей различных типов, статистические характеристики разброса фактических нагрузок вокруг усредненных графиков, статистические характеристики изменения расчетных нагрузок по дням недели, месяцам года и по годам проектного интервала, а также аналогичные данные о напряжениях в точках подключения подстанций к основной электрической сети. Возможны двухуровневые модели, имитирующие одновременно последовательность режимов распределительной и основной сети.

По этим исходным данным можно проиграть на модели одну или несколько вероятных реализаций режимов рассматриваемой сети в течение расчетного интервала и получить данные, характеризующие эффективность заданного варианта архитектуры системы адаптивного управления, алгоритмов работы контроллеров и параметров их настройки. Сопоставляя варианты, можно принимать обоснованные проектные и эксплуатационные решения.

Функциональный блок, имитирующий РПН, должен отрабатывать исследуемые алгоритмы микропроцессорных контроллеров при априорно заданных человеком параметрах их настройки. Модуль, имитирующий электрическую сеть, должен отрабатывать обычные соотношения электрического режима при текущих значениях нагрузок и задаваемых имитатором РПН значениях коэффициентов трансформации.

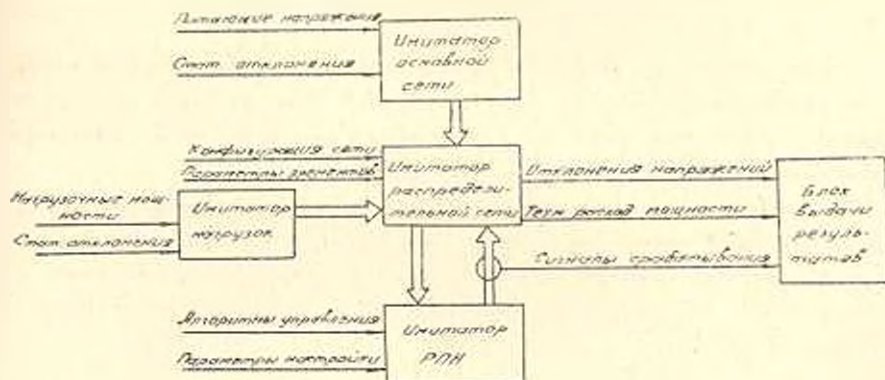


Рис. Имитационная модель для исследования системы адаптивного оптимального регулирования в электрической распределительной сети.

Причинно-следственная сеть имитационной модели показана на рисунке. Простые стрелки показывают однократный ввод исходных данных и регулярную выдачу приращений для суммирования результатов. Двойные стрелки обозначают движение информации между функциональными блоками при каждом такте модельного времени. Имитатор нагрузок выдает значения нагрузочных мощностей, а имитатор основной

сети — значения питающих напряжений в дискретные моменты натурального времени. Имитатор РПН получает значения напряжений в контрольных точках и выдает имитатору распределительной сети требования об изменении коэффициентов трансформации.

Выдача результатов имитационного моделирования целесообразна в натуральных единицах измерения рассматриваемых величин. Человек, использующий имитационную модель, сможет при этом применить в зависимости от ситуации различные способы формального или интуитивного выбора компромиссных решений в многоэкстремальных проектных и эксплуатационных задачах. Качество напряжения можно оценивать по квадратам отклонений от нижних и верхних допустимых границ; блок выдачи результатов может усреднить эти квадраты с учетом коэффициентов веса нагрузочных узлов, суммировать средневзвешенные оценки и делить сумму на длительность расчетного интервала. Технологические расходы мощности в каждом такте модельного времени и сигналы срабатывания РПН могут аналогично суммироваться и усредняться на длительности интервала.

Арм. энергосист. проект

10. VI. 1983

ՀԱՅԻ Վ. ՇԵՐԲԻՆԱ, Վ. Գ. ԼԵՎՈՐՍԿԻ, Ս. Ս. ԼՈՒԻՍՅԱՆ

ԷԼԵԿՏՐՈՆԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԴԵՐԻ ԿԱՌԱՎՈՐՄԱՆ ՈՒ ՀԱՇՎՈՐՈՒՄԱՆ ՀԱՐՄԱՐՎՈՂ
ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ ԿՐԱՆԱԿԱՅԻՆ ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա Մ Փ Ա Փ Ա Մ

Հսկվում և շարադրված է էլեկտրական համակարգերի նորմալ և երբեմն խտրաբնույթ կառավարման հարցերի նրանց ինտեգրման և շահագործման արդյունքներում ծառայող մի շարք խնդիրների լուծման համար նմանակալի մոդելավորման կիրառման նպատակահարմարությունը:

Մասնավորապես, դիտարկվում է էլեկտրական ցանցերում լարման կարգավորման հարմարվող համակարգը: Երա օչնությունը հնարավոր է դառնում կատարել մի շարք հետադորոշյուններ, որոնք հնարավորություն կտան դեհատել լարման կարգավորման գոյություն ունեցող եղանակների կիրառման շահավավությունը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Щербина Ю. В., Мельник В. П., Ронгелович Н. Г. Моделирование энергосистемы для выбора автоматической частотной разгрузки. — Электричество, 1980, № 5, с. 15—20.
2. Леворский В. Д., Лукаш Н. П. Адаптивная система оптимального управления нормальными режимами электрической системы. — Изв. вузов. Энергетика, 1979, № 10, с. 3—8.

ЭНЕРГЕТИКА

Л. А. УНАНЯН

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ
 С УЧЕТОМ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Рассматривается задача проектирования оптимальных газотранспортных систем с учетом надежности их функционирования. Она является развитием [1] в направлении учета фактора надежности. Учитывая сложность реализации задачи для общего случая, по сравнению с [1] сделаны следующие упрощающие предположения.

1. Топологию сети считают априорно заданной, т. е. не рассматриваются альтернативные элементы (газопроводные участки и компрессорные станции), а также узлы с неизвестными координатами расположения.

2. По компрессорным станциям не рассматриваются конкретные типы агрегатов и ограничиваются вопросом определения их рабочих мощностей. При этом многоступенчатый расчет компрессорных станций на базе использования режимных характеристик нагнетателей заменяется их использованием следующего соотношения [2]:

$$N = \frac{\gamma(P_n, T) \cdot T}{250 \cdot \eta} \cdot \frac{m}{m-1} \cdot Q \left[\left(\frac{P_n}{P_v} \right)^{\frac{m-1}{m}} - 1 \right], \quad (1)$$

где N — требуемая мощность компрессорной станции, $MВт$; Q — коммерческий расход газа через станцию, $млн \cdot м^3/сут$; P_n, P_v — соответственно, давления нагнетания и всасывания на станции, $МПа$; γ — коэффициент сжимаемости газа; η — к. п. д. станции; T — температура газа на входе станции, $К$; m — показатель политромы.

При использовании (1) приведенные затраты на компрессорную станцию рассчитывают по формуле:

$$Z = E_n \cdot K \cdot (N - N_v) + \Theta \cdot N, \quad (2)$$

где K — удельные капитальные затраты на единицу добавляемой мощности; $E_n = 0,12$ — нормативный коэффициент эффективности; Θ — удельные эксплуатационные затраты на единицу мощности; N_v — установленная мощность на станции.

Кроме того, будем исходить из предположения, что компрессорные станции, после определения их оптимальных рабочих мощностей, осна-

щаются достаточным количеством резервных агрегатов. Таким образом, вероятность безотказной работы компрессорных станций на рабочих мощностях будем принимать равной единице. Такое допущение не является принципиальным, однако упрощает реализацию задачи оптимизации.

Для учета влияния газопроводных участков на надежность газоснабжения будем исходить из оценки и учета их средних диаметров или комплексов [1] в период функционирования системы, рассчитываемых с помощью показателей удельной интенсивности аварий λ и среднего времени ремонтно-восстановительных работ $T_{\text{р}}$. Такие оценки значительно упрощаются, если пренебречь вероятностью одновременного отказа более одного элемента на одном и том же участке, а также заменить математическое ожидание функции многих случайных переменных той же функцией от математических ожиданий аргументов [3].

Математическую модель задачи проектирования газотранспортных систем с учетом надежности их функционирования можно представить следующим образом: найти минимум

$$\sum_{i \in T_{\text{гп}}} \min_{u_{ij}} Z_{ij}(u_{ij}, P_i, P_j, Q_{ij}) + \sum_{i \in T_{\text{кп}}} Z_{ii}(P_i, P_i, Q_{ii}) + 365 \times \\ \times \sum_{i \in T_{\text{н}}} \varphi_i(Q_{in} - Q_{in\phi}) \rightarrow \min \quad (3)$$

при следующих условиях, обеспечивающих технологически допустимое функционирование системы:

$$\sum_{i \in T_{\text{гп}}} \text{sgn}(P_j - P_i) \cdot Q_{ij} + \sum_{i \in T_{\text{кп}}} \text{sgn}(P_i - P_i) \cdot Q_{ii} = \begin{cases} Q_{in}, & \text{если } i \in I_n \\ 0, & \text{если } i \in I_m; \\ Q_{in\phi}, & \text{если } i \in I_n \end{cases} \quad (4)$$

$$|P_i^2 - P_j^2| \leq c_{ij} \cdot Q_{ij}^2 / d_{ij}^{5/2}; \quad (5)$$

$$\sum_{i \in K_{\text{гп}}} \text{sgn}(P_{i\phi} - P_{i\phi}) \cdot Q_{i\phi} + \sum_{i \in K_{\text{кп}}} \text{sgn}(P_{i\phi} - P_{i\phi}) \cdot Q_{i\phi} = \\ = \begin{cases} Q_{in\phi}, & \text{если } i \in I_n \\ 0, & \text{если } i \in I_m; \\ Q_{in\phi}, & \text{если } i \in I_n \end{cases} \quad (6)$$

$$Q_{in\phi} \geq Q_{in\phi}; \quad (7)$$

$$|P_{i\phi}^2 - P_{j\phi}^2| = c_{ij} \cdot Q_{ij\phi}^2 / (\bar{d}_{ij\phi}^2 + \bar{d}(u_{ij})^{2.6})^2. \quad (8)$$

Первое слагаемое целевой функции (3) представляет суммарные годовые приведенные затраты по газопроводным участкам системы, где $T_{\text{гп}}$ — множество всех газопроводных участков системы; Z_{ij} — годовые

ные приведенные затраты на участок (i, j) ; P_i, P_j — соответственно, входное и выходное давления газа элемента (i, j) ; Q_{ij} — поток газа через элемент (i, j) ; n_{ij} — выбираемое техническое решение (параллельные нитки, лунки, вставка или их комбинации) на участке (i, j) ; i, j — номера узлов сети.

Второе слагаемое выражения (3) представляет собой суммарные годовые приведенные затраты по компрессорным станциям системы ($T_{кс}$ — множество компрессорных станций), а третье слагаемое — суммарные годовые затраты на заменяющий вид топлива в пунктах потребления (I_n — множество потребителей системы), где $\Phi_i(Q_{i, \text{н.г.}} - Q_{i, \text{п.г.}})$ — зависимость затрат на заменяющий вид топлива и i -м пункте потребления; Q_{in} — среднесуточная потребность в газе i -го потребителя; $Q_{i, \text{н.г.}}$ — ожидаемый среднесуточный поток газа i -му потребителю с учетом отказов и восстановлений газопроводных участков системы.

Условия (4) записываются для всех узлов сети и отражают баланс газа в них, где приняты следующие обозначения: I_n — множество нейтральных узлов сети, в которых отсутствуют как потребители, так и источники газа; Q_{in} — отбор газа из i -го источника; I_n — множество источников газа системы; X_{ij}, X_{jk} — соответственно, подмножества газопроводных участков и компрессорных станций, связанных с i -м узлом.

Неравенства (5) представляют собой функциональные условия по газопроводным участкам. Это уравнения стационарного течения газа по трубам, в которых знак «равно» заменен на «меньше или равно». Такая замена позволяет рассматривать варианты усиления по соответствующим участкам, исключая варианты снижения их пропускной способности. Если же априори выделены участки, которые не должны усиливаться, то необходимо для них условия (5) записать со знаком «равно». В условиях (5): c_{ij} — коэффициент; d_{ij} — эквивалентный диаметр труб, действующих на участке (i, j) .

Условия (4), (5) совместно обеспечивают необходимые технологические условия при безотказной работе системы. Условия (6) — (8) по форме повторяют (4) и (5), но относятся к периоду функционирования системы с учетом отказов и восстановлений. Этот момент отражен добавлением индексов «ф» при соответствующих переменных: Q_{in} — тот минимальный поток газа i -му потребителю ($i \in I_n$), при котором обеспечивается технологически допустимое его функционирование; $d(u_{ij})$ — эквивалентный диаметр, который соответствует техническому решению u_{ij} на участке (i, j) ; $\bar{d}_{ij}, \bar{d}(u_{ij})$ — средние значения этих величин, вычисляемые с учетом отказов и восстановлений ниток, лунки, вставок [2].

Кроме указанных условий, на переменные P_i, P_j и $P_{i, \text{н.г.}}, P_{j, \text{п.г.}}$ возможно и на $Q_{ij}, Q_{i, \text{н.г.}}$ ставятся прямые ограничения типа «не больше, чем» и «не меньше, чем».

Рассмотрим теперь способы реализации описанной выше модели, которая является задачей нелинейного математического программирования. Так же, как и в случае [1], она может быть реализована с помощью технико-экономических характеристик газопроводных участков.

При таком подходе общее решение задачи оптимизации осуществляется за три шага.

1. Расчет технико-экономических характеристик газопроводных участков.

2. Оптимизация модели по режимным переменным $P_i, P_j, Q_{ij}, P_{i0}, Q_{i0}$ системы.

3. Расчет оптимальных технических решений газопроводных участков по соответствующим комбинациям оптимальных переменных P_i, P_j, Q_{ij} .

При этом, для реализации модели (3)–(8) параллельно с расчетом технико-экономических характеристик необходимо рассчитать и зависимости $\bar{d}(u_{ij})$, которые можно представить и как $\bar{d}(P_i, P_j, Q_{ij})$. Эти зависимости подставляются в условия (8). Механизм получения таких зависимостей принципиально ничем не отличается от случая учета какого-либо дополнительного фактора и для учета фактора металло-вложений он описан в [4].

ЕИИ ВНИИЭгазпрома

1.11.1982

Վ. Հ. ՀԱՐՍՏԱՅԱՆ

ԳՈՋԱՏՐԱՆՍՊՐՏԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻՆԻ ՆԱԽԱԳԾՈՒՄԸ՝ ՀԱՇՎԻ ԱԲԱՆՈՎ, ԳՈՐԾԱԲԵՆՈՒԹՅԱՆ ՀԱՌՍԱԴՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա. Վ. Փ. Ն. Փ. Ն. Փ.

Դիտարկված են զորգոցող գազատրանսպորտային համակարգերի հաշվարկման և նախագծային պարամետրերի համառոտ օպտիմիզացիան խնդրի զրգացր և լուծման մեթոդները՝ հաշվի առնելով հոսափության ցուցանիշները նրանց զործունեության փոխում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Унянян А. А., Арустамян А. Г. Инструкция по оптимизации газотранспортных систем.— М.: ВНИИЭгазпром, 1979.— 24 с.
2. Загоринский Э. Е. Энергетический метод определения режима работы многоконтурной компрессорной станции.— Экспресс-информация «Транспорт, хранение и использование газа в народном хозяйстве», № 21, 1976, М.: ВНИИЭгазпром, с. 3—4.
3. Александров А. В., Яковлев Е. И. Проектирование и эксплуатация систем дальнего транспорта газа.— М.: «Недра», 1974.— 432 с.
4. Унянян А. А. Проектирование оптимальных газотранспортных систем с учетом фактора металловожжений.— В реф. сб.: «Экономика газовой промышленности», вып. 10, 1979, М.: ВНИИЭгазпром, с. 30—34.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Э. М. ДИЛАНЯН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕЗДОВОГО ЦИКЛА ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ
 ПО ТЕОРИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Предназначенный для эксплуатации в городских условиях электро-мобиль (ЭМ), характеристики которого (энергоемкость источника энергии, развиваемые мощность и вращающий момент тягового двигателя, передаточное число коробки передач и др.) изменяются во времени в зависимости от режима движения, внешняя среда с большим числом случайно изменяющихся параметров и водитель, управляющий электро-мобилем, при их комплексном исследовании представляют собой сложную систему.

В настоящее время имеется значительное число исследований, посвященных транспортным задачам, которые выполнены с использованием теории сложных систем, однако отсутствуют рекомендации и нормы по проектированию электромобилей с учетом случайно изменяющихся параметров внешней среды.

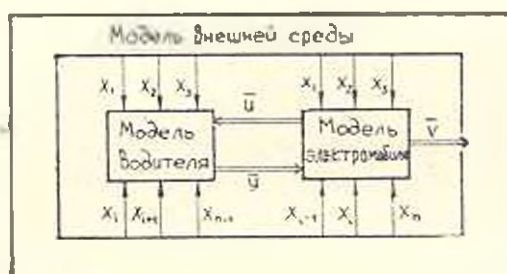


Рис. 1. Блок-схема системы «внешняя среда—водитель—электро-мобиль»

В проблемной лаборатории «Электропривод электро-мобилей» ЕРПН ведутся работы по комплексному решению указанной задачи теорией сложных систем. Блок-схема системы «внешняя среда—водитель—электро-мобиль» приведена на рис. 1.

Модель внешней среды характеризуется рядом параметров, меняющихся случайным образом или по заранее заданным законам. Такими параметрами являются: уклон, кривизна и качество покрытия дороги, расстояние между перекрестками, наличие дорожных знаков и их зна-

чение, светофоров на перекрестках, плотность потоков транспортных средств, наличие пешеходов и др.

Множество параметров внешней среды является проекцией вектора среды $\bar{X}$ в n -мерном пространстве:

$$\bar{X} = \varphi(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n).$$

Рассмотрим на блок-схеме (рис. 1) процесс функционирования ЭМ во внешней среде. В процессе движения он воздействует на водителя вектором $\bar{U}(u_1, u_2, \dots, u_i, \dots, u_n)$, являющимся исходной информацией о состоянии ЭМ для принятия управляющих действий в соответствии с ситуацией внешней среды. Вектор воздействия водителя $\bar{Y}(y_1, y_2, \dots, y_n)$ состоит из управляющих действий, принятых им для формирования необходимого состояния ЭМ. Вектор состояния ЭМ $\bar{V}(v_1, v_2, \dots, v_i)$ характеризует его в данный момент времени (например, скорость движения, ускорение, процесс поворота и т. п.).

Припавая, что водитель действует безошибочно, а ЭМ имеет возможность обеспечивать все требуемые скорости, можно утверждать, что допустимая безопасная скорость $V_{\max \text{ ЭМ}}$ определяется только дорожно-транспортной ситуацией. Предположим, что допустимая максимальная скорость, соответствующая параметру внешней среды x_i , равна $V_{\max i}$. Очевидно, что за безопасную максимальную скорость $V_{\max \text{ ЭМ}}$ в рассматриваемый момент времени следует выбрать минимальное значение из всех $V_{\max i}$:

$$V_{\max \text{ ЭМ}} t = t_i = \min V_{\max i} t = t_i.$$

Указанный „минимакс“ выбора $V_{\max \text{ ЭМ}} t = t_i$ по (1) является логикой модели водителя при вычислениях. Подробный анализ параметров и методика составления модели внешней среды на примере г. Еревана, а также модели водителя приведены в [2-5].

Методами системного анализа при совместном исследовании математических моделей внешней среды, водителя и ЭМ можно исследовать следующие задачи: определение ездового цикла; дальность пробега ЭМ; оценка энергетического состояния аккумуляторных батарей; выбор оптимальных параметров электрооборудования; технико-экономические исследования и др.

Для проектирования и выбора электрооборудования ЭМ одним из основных данных является ездовой цикл, который включает в себя совокупность установившихся и переходных режимов, и достаточно точно характеризует процесс движения электромобиля.

В конечном итоге ездовой цикл представляет собой вероятностный усредненный график движения транспортных средств в городе. На основании большого статистического материала, собранного путем натурных испытаний и изучения условий г. Еревана, по данным ГАИ и лите-

ратурных источников, были определены параметры моделей внешней среды, водителя и электромобиля, которые приводятся в [3, 4]. Путем имитации движения электромобиля на ЭВМ, из выделенных 22-х параметров внешней среды учитывались 11 параметров: x_1 — расстояние между перекрестками; x_2 — уклон дороги на длине 100 м (4,61); x_3 — кривизна дороги (1,96); x_4 — тип покрытия дороги (3,63); x_5 — состояние покрытия дороги в зависимости от климатических условий (3,63); x_6 — светофоры дорожные знаки: x_{61} — «въезд запрещен» (1,55); x_{62} — «движение запрещено» (1,55); x_{63} — «автомобильное движение запрещено» (1,55); x_7 — «ограничение скорости» (1,25); x_8 — «минимальная скорость» (1,25). Здесь в скобках указаны весовые коэффициенты параметров, полученные эвристической информацией на основе анализа опыта экспертов.

Имея вероятность распределения компонентов вектора внешней среды $\bar{X}$ и алгоритм имитации движения ЭМ, на ЭВМ «Минск-22» для каждого i -го такта движения получены значения скорости v_i . В пределах каждого такта (100 м пути) скорость движения ЭМ считалась постоянной. В результате вычисления на ЭВМ получен большой массив данных $v_i, \Delta t_i, a_i$ с числом членов, более 1000 (a_i — ускорение ЭМ).

Для сопоставления с ездовым циклом в форме трапеции, определенным НАМИ для проектирования ЭМ, был построен эквивалентный трапециевидный ездовой график ЭМ для г. Еревана. Для такого построения достаточно исследовать некоторую выборку из генеральной совокупности. Были выделены 10 выборок по 50 значений в каждой и для них вычислены средние значения ускорения (при разгоне) $a_1 = +0,56 \text{ м/с}^2$, замедления (при торможении) $a_2 = -1,32 \text{ м/с}^2$, продолжительности остановок $t_4 = 18 \text{ с}$, а для каждого цикла движения — пройденный путь $S_{\text{цикл}}$, средняя скорость $V_{\text{ср}}$, суммарные (для всех циклов) пройденный путь $\sum_{j=1}^m S_{\text{цикл}}$ и время движения $\sum_{j=1}^m t_{\text{цикл}}$. Средняя скорость ЭМ за время движения определена по формуле:

$$V_{\text{ср}} = \frac{\sum_{j=1}^m S_{\text{цикл}}}{\sum_{j=1}^m t_{\text{цикл}}}.$$

Полученная средняя скорость была принята, как скорость установившегося режима движения эквивалентного ездового цикла.

По полученным данным на рис. 2 сплошной линией построен график эквивалентного ездового цикла для г. Еревана. Там же пунктирной линией дан график ездового цикла НАМИ для одного участка на горизонтальном перегоне 1000 м, включающий разгон до скорости 55 км/ч с ускорением 0,83 м/с², установившееся движение с $V = 55 \text{ км/ч}$, торможение при среднем замедлении 1,5 м/с² и остановку на 20 с после каж-

дого участка. После каждых 15 км пробега предусмотрено преодоление 10%-го подъема на участке протяженностью в 500 м при скорости движения не ниже 20 км/ч.

Установившаяся скорость в ереванском цикле меньше, чем в цикле НАМИ, т. к. при этом в параметрах внешней среды учитывается уклон дороги α_2 , а в ездовом цикле НАМИ он учитывается только в последнем цикле.

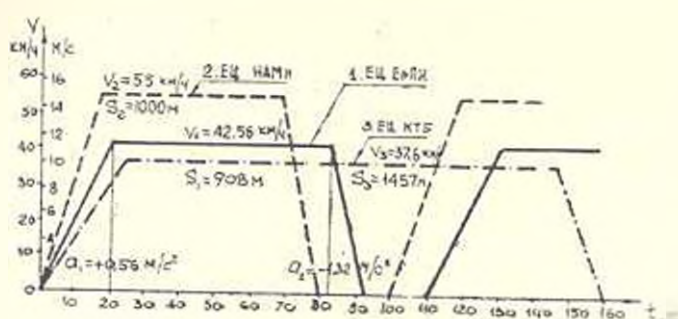


Рис. 2. Графики ездовых циклов.

Понятие и определение ездовых циклов возникли с целевым назначением исследовать проблемы загрязнения воздушных бассейнов городов и топливной экономичности автомобилей. Их анализ и сравнение (Европейский ЕЭК—ООН, федеральный цикл США, цикл штата Калифорния, ездовой цикл Японии и др.) показывают, что они существенно различаются друг от друга по форме и значениям максимальной и средней скоростей, ускорениям и другим параметрам.

На основании этого можно утверждать, что даже для одного и того же города графики ездовых циклов, полученные разными методами, не будут идентичными, особенно по форме.

Однако, имеются некоторые основные параметры цикла, которые с достаточной точностью могут оценить достоверность полученных результатов. К ним относятся: средняя скорость установившегося движения $V_{\text{ср}}$; пройденный путь за цикл $S_{\text{ци}}$ и, в меньшей степени, среднее ускорение $a_{\text{ср}}$ и максимальная скорость V_{max} .

Определив из ездового цикла, полученного КТБ Минавтоперевоз Арм.ССР для г. Еревана (рис. 3) [6], среднюю скорость участков с установившимся движением и среднее ускорение при разгоне и торможении, проинтегрировав кривые $V = F(t)$ двух циклов и определив средний пройденный путь, построен эквивалентный график ездового цикла г. Еревана для автомобилей (рис. 2, таблица 3). С целью сравнения в таблице приведены параметры ездовых циклов, определенные ЕРПН, КТБ и НАМИ.

Анализ кривых рис. 2 и данных таблицы показывает, что ездовой цикл, полученный по теории сложных систем в ЕРПН, можно считать вполне удовлетворительным. Существенная разница между пробегами по ездовым циклам ЕРПН и КТБ не может служить критерием при оцен-

ке точности метода ЕрПИ, жбо несколько сомнительна реальность расстояния безостановочного движения (1883 м) в условиях г. Еревана, полученного для второго цикла на графике рис. 3.

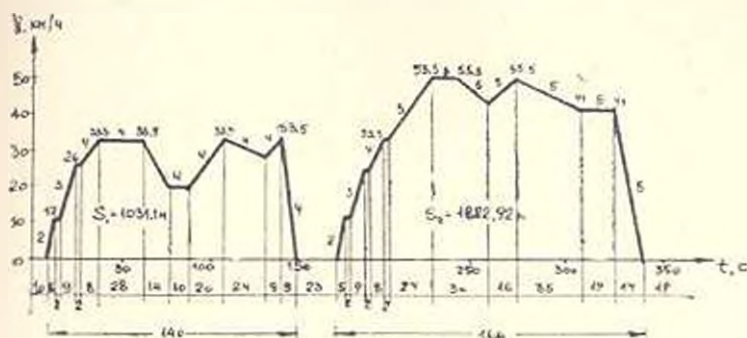


Рис. 3. Автомобильный ездовой цикл для Еревана, определенный КТБ Министрства Армянской ССР

Таблица

Ориентация	$V_{ср.}, км/ч$	$S, м$	$+a_1, м/с^2$ (разгон)	$-a_2, м/с^2$ (тормож.)	$V_{max}, км/ч$
ЕрПИ	42,56	908	0,56	1,32	60
КТБ	37,6	1457	0,4	0,92	55
НАМИ	55	1000	0,63	1,5	60

ЕрПИ им. К. Маркса

16.11.1981

Է. Մ. ԿԵԼԱՆՅԱՆ

ՔԱՐԻ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ՏԵՍՈՒԹՅԱՄԲ ԷԼԵԿՏՐԱԴՐՈՒՄԻ ԵՐԹԱՅԻՆ ԶԻԿԼԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Արտադրի միջավայրի, վարորդի և էլեկտրամոբիլի համար կազմված մաթեմատիկական մոդելների հիման վրա որոշված է երթույին ցիկլը երևան քաղաքի համար, որը համեմատված է ՀՍՀՄ տնտեսական քաղաքական միջավայրի և ԿՏԲ-ի կողմից որոշված ավտոմոբիլային երթույին ցիկլի և ՆԱՄԻ-ի էլեկտրամոբիլի երթույին ցիկլի հետ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бисленко Н. П., Колышников В. В., Ковальско Н. И. Механика сложных систем.— М.: Советское радио, 1973.— 439 с.
2. Диланян Э. М., Налчиджян Т. А. Разработка, изготовление и исследование комбинированной системы питания макетного образца электромобиля.— Ереван, 1973.— 65 с. (Препринт/Отчет НИР ЕрПИ: № 387).

3. Диланян Э. М., Налчаджян Т. А. Разработка, изготовление и исследование электрооборудования макетных образцов автомобилей.— Ереван, 1974.— 175 с. (Препринт/Отчет НИИР ЕрПИИ: № Г.Р. 72047013).
4. Диланян Э. М., Налчаджян Т. А. Разработка и создание макетного образца автомобиля с одноцилиндровым бензиновым электромотором. Исследования модели «автомобиль-орел».— Ереван, 1975.— 97 с. (Препринт/Отчет НИИР ЕрПИИ: № Г.Р. 72047013).
5. Диланян Э. М., Дурсарян К. С. Создание электротехнического оборудования.— Ереван, 1981.— 101 с. (Препринт/Отчет НИИР ЕрПИИ: № Г.Р. 81015127).
6. Исследование влияния параметров ездового цикла на выброс токсичных компонентов с обработанными газами и топливную экономичность.— Ереван, 1974.— 22 с. (Препринт/Научный отчет по теме № 2-72 КТБ Министрства Арм ССР).

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

А. А. ДАРБИՅԱՆ

ОБОБЩЕННАЯ СИГНАТУРА И СПОСОБЫ ЕЕ ФОРМИРОВАНИЯ

В технике испытаний средств ВТ широкое распространение получил сигнатурный анализ — метод обнаружения и локализации ошибок в готовых изделиях, предложенный [1]. Суть метода заключается в формировании контрольных сумм, содержащих с большой вероятностью след ошибки, с помощью сдвигового регистра с обратными связями по мод 2. При этом для каждой исследуемой точки получаются контрольные суммы — сигнатуры, соответствующие строго заданной достоверности и длины входных тест-векторов.

Испытания многовыводных устройств ВТ (МУВТ) обычно сопряжены с определенными трудностями создания сложной и громоздкой аппаратуры. Формирование при испытаниях МУВТ обобщенной сигнатуры (ОС), содержащей след ошибки, проявившейся хотя бы на одном из выходов МУВТ, позволит значительно сократить оборудование испытательного устройства и практически исключить обработку информации об ошибке.

В работе предложены разные способы формирования ОС для МУВТ, отличающиеся по достоверности, быстродействию и оборудованию.

Способы формирования ОС приведены на рис. 1.

1-ый способ — ОСⁿ формируется на n -разрядном последовательном сигнатурном анализаторе САⁿ, последовательным обходом k выходов МУВТ с повторным запуском генератора входных тест-векторов длиной m и сравнением частных сигнатур ЧСⁿ каждого выхода с ОСⁿ с эталонными;

2-ой способ — формирование ЧСⁿ одновременно на всех выходах с помощью k САⁿ, с последующим формированием ОСⁿ на общем САⁿ (сравнение с эталонами возможно как ЧСⁿ, так и ОСⁿ мультиплексированием выходов САⁿ);

3-ий способ — преобразование параллельного кода выходов МУВТ в последовательный с помощью регистра сдвига РС^k и формирование ОСⁿ на САⁿ (сравнение с эталонами ЧСⁿ и ОСⁿ);

4-ый способ — формирование OC^k на k -разрядном параллельном сигнатурном анализаторе $CA_{\text{пр}}^k$ с дальнейшим сжатием на $CA_{\text{сж}}^k$ до OC^n (сравнение OC^n через каждые k тактов и по окончании тест-векторов OC^n):

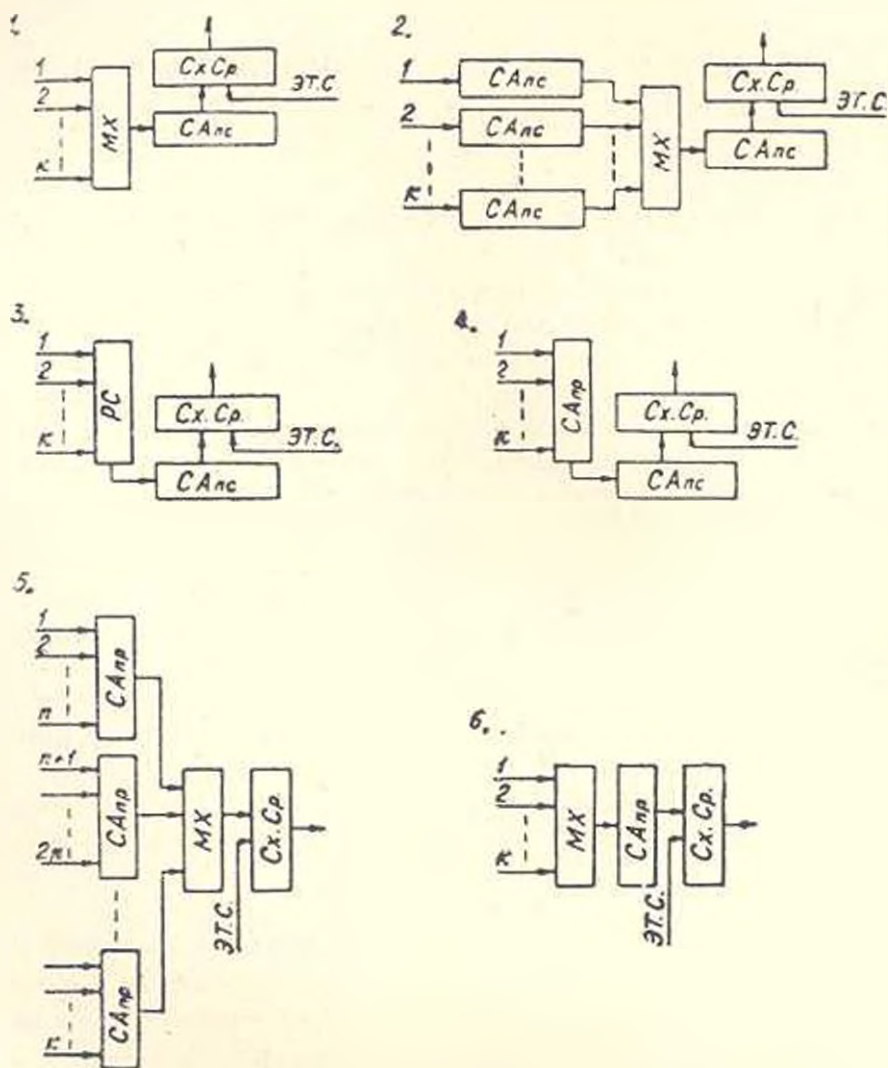


Рис. 1. Различные способы формирования ОС.

5-ый способ — формирование k/n OC^n на k/n анализаторов $CA_{\text{пр}}^k$ (с эталонами сравниваются поочередно все OC^n):

6-ой способ — OC^n формируется поочередной подачей на входы $CA_{\text{пр}}^k$ k/n групп кодов выходив МЭВТ (сравнение с эталоном OC^n).

Для облегчения выбора способа формирования ОС в конкретных применениях найдем математические выражения достоверности, быстродействия и необходимого оборудования для каждого способа.

Время формирования T_i в общем случае определяется длиной входных такт-векторов m (число тактов генератора), периодом тактирующих импульсов генератора t_g , сигнатурного анализатора — t_{CA} , сдвигового регистра t_r и выразится для i -го способа:

$$\begin{cases} T_1 = kmt_i; \\ T_2 = mt_i + knt_{r-1}; \\ T_3 = mt_i + kmt_r; \\ T_4 = mt_r + kt_p; \\ T_5 = mt_i; \\ T_n = k'n \cdot mt_i. \end{cases} \quad (1)$$

Оборудование Q_i сигнатурного анализатора со схемой сравнения и мультиплексирования выразим в 16-выводных корпусах интегральных схем, для чего воспользуемся рис. 2. Количество корпусов CA_n^n и CA_{np}^n будет, соответственно:

$$\begin{cases} q_{\text{анс}}^* = E\left(\frac{n}{p}\right) + 1; \\ q_{\text{анр}}^n = E\left(\frac{n}{t}\right) + E\left(\frac{n-1}{r}\right) + 1, \end{cases} \quad (2)$$

где $E\left(\frac{x}{y}\right)$ — ближайшее целое число $A \geq \frac{x}{y}$; p, r, t — соответственно, количество разрядов регистра CA_n , двухразрядных схем сложения по $\text{mod } 2$ и триггеров CA_{np} в одном корпусе.

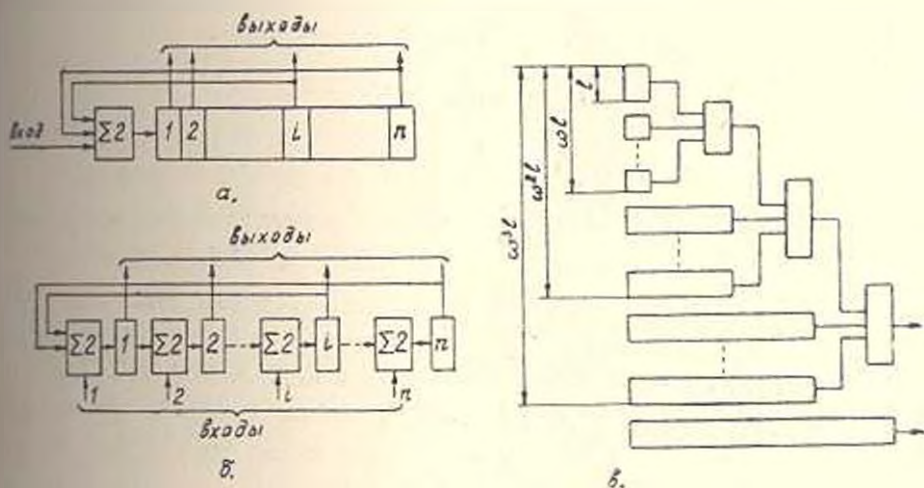


Рис. 2. а — последовательный CA_n ; б — параллельный CA_{np} ; в — структура CA_{np} и Me .

При подсчете числа корпусов схемы сравнения Q_{sp} из рис. 2 видно, что при превышении числа контролируемых разрядов количества выходов

одной схемы l увеличивается каскадность, а при превышении количества β -каскадных схем допустимого числа объединений по входу образуется $(\beta + 1)$ каскадная схема. Аналитически оборудование схем сравнения выразится:

$$q_{\text{ср}} = E \left(\frac{S}{\omega^{s-1} l} \right) \sum_{l=0}^{s-1} \omega^l + 1, \quad (3)$$

где $\omega^{s-1} l \leq S < \omega^s l$ — количество двоичных разрядов, охватываемых схемой сравнения.

Оборудование k -разрядного регистра будет:

$$q_{\text{рс}}^k = E \left(\frac{k}{g} \right), \quad (4)$$

где g — число разрядов в одном корпусе РС.

Соответственно, для схемы коммутации на n выходов:

$$q_{\text{МХ}}^{n,n} = n \left[E \left(\frac{n}{f^{i-1}} \right) \sum_{i=0}^{i-1} f^i + 1 \right], \quad (5)$$

где n — число входов в группу, коммутируемой на каждый выход; $f^{i-1} \leq n < f^i$ — количество входов в одном корпусе МХ; $f^{i-1} \leq n < f^i$.

Общее оборудование, выраженное в 16 выводных корпусах, для i -го способа формирования ОС будет:

$$\begin{cases} Q_1 = q_{\text{МХ}}^{k-1} + q_{\text{Анр}}^n + q_{\text{рс}}^n; \\ Q_2 = (k+1) q_{\text{Анр}}^n + q_{\text{МХ}}^{k+1} + q_{\text{рс}}^n; \\ Q_3 = q_{\text{рс}}^k + q_{\text{Анр}}^n + q_{\text{ср}}^n; \\ Q_4 = q_{\text{Анр}}^k + q_{\text{Анр}}^n + q_{\text{рс}}^n; \\ Q_5 = E \left(\frac{k}{n} \right) q_{\text{Анр}}^n + q_{\text{МХ}}^{k,n} + q_{\text{рс}}^n; \\ Q_6 = q_{\text{МХ}}^{k,n} + q_{\text{Анр}}^n + q_{\text{ср}}^n. \end{cases} \quad (6)$$

Подстановка (2)–(5) в (6) позволит получить выражения Q_i для конкретных схем и элементов. Например, в 16-разрядном СА с числом входных каналов $k = 100$ на элементах серии К555 для СА можно использовать микросхему К555 ИР16 ($p = 4$) и тогда $q_{\text{Анр}}^{16} = 4$; для СА_{нр} — микросхемы К555 ТВ6 ($l = 2$) и К555 ЛП15 ($r = 4$) и получим: $q_{\text{Анр}}^{16} = 13$, $q_{\text{Анр}}^{100} = 76$; для схемы сравнения с $S = 16$ на микросхеме К555 СП1 ($l = 4$, $\omega = 5$) получим $\omega = 1$ и $q_{\text{ср}} = 5$; для РС на микросхемах К555 ИР16 — $q_{\text{рс}}^{100} = 25$; наконец, для схемы коммутации на микросхемах К555 КП15 ($f = 8$) при $v = n = 16$, $\gamma = 2$ и $\omega = k = 100$, $\gamma = 3$ — соответственно: $q_{\text{МХ}}^{16,1} = 3$ и $q_{\text{МХ}}^{100,1} = 17$. В данном примере все микросхемы имеют 14- и 16-выводные корпуса, следо-

тельно, полученные выше значения q прямо подставляются в (6), в результате чего получим: $Q_1 = 27$; $Q_2 = 527$; $Q_3 = 35$; $Q_4 = 86$; $Q_5 = 113$; $Q_6 = 272$.

Достоверность сигнатурного анализа (вероятность обнаружения ошибки) P для СА определена в [2] путем отождествления вероятности пропуска ошибки с вероятностью появления нулевой сигнатуры:

$$p = 1 - (2^{m-n} - 1)/(2^m - 1) \quad \text{при } m \gg n, \quad p = 1 - 2^{-n}.$$

Применяя тот же прием, определим достоверности P_i для каждого способа:

$$P_1 = 1 - (2^{km-n} - 1)/(2^{km} - 1). \quad (7)$$

Для определения достоверности P_2 примем A_i — событие, обозначающее появление нулевой последовательности ошибок (НПО) на i -м выходе МУВТ; B — событие, обозначающее появление хотя бы одной НПО, хотя бы на одном из выходов МУВТ; C — событие, обозначающее появление хотя бы одной НПО при формировании ОС в целом, тогда $C = B + D$, где D — событие, обозначающее появление НПО при формировании ОС из ЧС.

Сделаем допущение: появление НПО хотя бы на одном из выходов МУВТ означает потерю одной ошибки в ОС.

Из частной теоремы о повторении опытов [3], приняв за число опытов k :

$$P(B) = 1 - |1 - P(A_i)|^k.$$

на основе теоремы сложения вероятностей совместных независимых событий получим:

$$P_2 = 1 - \left[1 - \left(1 - \frac{2^{m-n} - 1}{2^m - 1} \right)^k \right] \left[1 - \frac{2^{kn-n} - 1}{2^{kn} - 1} \right] + \frac{2^{kn-n} - 1}{2^{kn} - 1}. \quad (8)$$

При третьем способе формирования ОС: $P_3 = P_1$.

Примем: α — событие, обозначающее появление НПО в CA_{np}^k ; β — событие, обозначающее появление НПО в CA_{nc}^k ; γ — событие, обозначающее появление НПО в ОС. Тогда:

$$P(\gamma) = P(\alpha) + P(\beta) - P(\alpha)P(\beta).$$

Аналогично P_4 определим достоверность четвертого способа:

$$P_4 = 1 - \left(\frac{2^{km-n} - 1}{2^{km} - 1} + \frac{2^{k-n} - 1}{2^k - 1} - \frac{2^{km-n} - 1}{2^{km} - 1} \cdot \frac{2^{k-n} - 1}{2^k - 1} \right). \quad (9)$$

Достоверность каждой из $E\left(\frac{k}{n}\right)$ ОС, сформированных по 5-му способу, будет:

$$P_5 = 1 - \frac{2^{nm-n} - 1}{2^{nm} - 1}. \quad (10)$$

Наконец, ОС, полученная по 6-му способу, будет иметь достоверность:

$$P_6 = P_3 = P_1.$$

Если $k \gg n$, $m \gg n$, то (7) — (10) примут вид:

$$\begin{cases} P_1 = P_3 = P_5 = P_6 = 1 - 2^{-n}; \\ P_2 = (1 - 2^{-n})^{k-1}; \\ P_4 = 1 - 2^{-n-1} - 2^{-2n}. \end{cases} \quad (10)$$

Выражения (1), (6), (7) — (11) характеризуют все представленные способы формирования ОС по быстрдействию, оборудованию и достоверности обнаружения ошибки.

Предложенное в работе применение сигнатурного анализа в виде ОС позволит значительно упростить испытания ММВТ путем рационального использования ОС — для оперативной отбраковки изделий и ЧС — для локализации неисправности.

ЕРНИН ММ

4. VI 1983

Ա. Ա. ՊԱՐՄԵՆՅԱՆ

ԶԵՆԻՏԱԿԱՆԱԿԱՆ ՍԻԳՆԱՏՈՐԱՆԻ ԵՎ ՆՐԱ ՉԵՐԱՎՈՐՈՐԴՆԻ ԵՂԱՆԱԿՆԵՐԸ

Ա Մ Փ Ո Փ Ն Ո Ւ Մ

Դիտարկված է սիգնատուրային վերլուծման՝ պատրաստի սարքում սխալների հայտնաբերման և մեկուսացման նոր մեթոդի ևս մեկ օգտագործումը՝ բնականացված սիգնատուրային ձևափոխման օգնությամբ: Հաշվիչ տեխնիկայի բուզմակը սարքերի փորձարկման համար շարադրված են բնականացված սիգնատուրայի ձևափոխման հղանակները: Ստացվել են արտահայտություններ արագագործության և հաջատարության համար, ինչպես նաև հաշվարկվել է սարքավորումների ծախսը ամեն մի հղանակի համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Frohwerk A, Signature Analysis: A New Digital Field Service Method. — Hewlett Packard Journal, 1977, May, v. 28, № 4, p. 2-8.
2. Гордун, Надеин. Локализация неисправностей в микропроцессорных системах при помощи шестнадцатиричных ключевых кодов. — Электроника, 1977, № 5, с. 23-25.
3. Беммель Е. С. Теория вероятностей. — М.: Наука, 1969. — 576 с.

ՈՒՍՈՒՄԱՆԱԿԱՆ ԶԱՄԵՏԻՆԵՐ

Ա. Ի. ԿՈՐՆԻՇԵՆԿՈ, Ա. Կ. ԱՏԼԱՆՅԱՆ

РАСПОЗНАВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ
ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ
ВНЕШНИХ УСЛОВИЙ

Пусть имеется множество объектов, принадлежащих m различным классам

$$X = \{x_i\}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (1)$$

где m — число возможных признаков объектов, которые могут быть использованы при распознавании.

На систему, выполняющую задачу распознавания этих объектов, воздействуют внешние условия, приводящие к изменению ее характеристик:

$$K = \{k_j\}, \quad j = 1, 2, \dots, s, \quad (2)$$

где s — число характеристик, определяющих состояние системы. Каждый член множества K имеет ограничения на область изменения:

$$k_j^{\min} \leq k_j \leq k_j^{\max}, \quad (3)$$

Информация об объектах может поступать в систему распознавания через l параллельных каналов, или через один канал в течение l интервалов времени равной длительности

$$Y = \{y_k\}, \quad (4)$$

где $k = 1, 2, \dots, l$.

Из (1) и (2) следует, что информацию об объектах можно представить в виде системы уравнений:

$$(01) \quad \begin{cases} y_1 = f_1(x_1, x_2, \dots, x_m, k_1, \dots, k_s); \\ y_k = f_k(x_1, x_2, \dots, x_m, k_1, \dots, k_s); \\ y_l = f_l(x_1, x_2, \dots, x_m, k_1, \dots, k_s). \end{cases} \quad (5)$$

Принятое решение о распознавании, в свою очередь, есть функция этой информации:

$$Z = z(y_1, y_2, \dots, y_l). \quad (6)$$

Случай пустых множеств $|k_j|$ и $|y_k|$ можно исключить из рассмотрения, т. к. эти случаи не имеют практического значения.

Для получения (6) необходимо в явном виде представить множества $|x_i|$, $|k_j|$, $|y_k|$.

Предположим, что множество $|x_i|$ задано в спектральной области, а x_1 — наличие определенного вида модуляции сигнала и его спектральные характеристики; x_2 , x_3 , x_4 — распределения спектра, соответственно, в областях нижних, средних и верхних частот; x_5 — полная энергия сигнала.

Множеством $|k_j|$ будем характеризовать чувствительность системы, которая может изменяться под воздействием внешних условий.

Результаты этих воздействий будем считать независимыми:

$$A = f(k_1) \cdot f(k_2) \cdot \dots \cdot f(k_s) = \prod_{j=1}^s f(k_j). \quad (7)$$

Эти функции можно представить аналитически или ступенчатой функцией:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_m, k_1, \dots, k_s) = \prod_{j=1}^s f(k_j) \cdot f(x_1, x_2, \dots, x_m). \quad (8)$$

Определение функции $f(x_1, x_2, \dots, x_m)$ может быть осуществлено, исходя из конкретного устройства распознавания.

Большинство современных устройств распознавания состоят из 3-х основных блоков: блока восприятия; блока обработки информации и запоминающего устройства (ЗУ). В ЗУ хранится информация об объекте — его образ, характеризуемый набором признаков $f_n(x)$. Информация, поступающая на вход устройства распознавания $f_{nx}(x)$, расщепляется на аналогичный набор признаков.

Можно предположить, что устройство распознавания идентифицирует объект и аналог при минимуме дисперсии разности $f_{nx}(x)$ и $f_n(x)$:

$$D = \int_0^x [f_{nx}(x) - f_n(x)]^2 dx \rightarrow 0. \quad (9)$$

Выражение (9) представляет собой функционал, который достигает минимума, если имеет место уравнение Эйлера [1]:

$$F_{f_{nx}}(x) - \frac{d}{dx} F_{f_n}(x) = 0, \quad (10)$$

где

$$F(f_{nx}, x) = [f_{nx}(x) - f_n(x)]^2. \quad (11)$$

Так как $F(f_{nx}, x)$ явно не зависит от $f'_{nx}(x)$, то (10) примет вид:

$$F_{f_{nx}} = 0, \quad (12)$$

тогда:

$$\frac{dF(f_{nx}, x)}{df_{nx}} = 0; \quad (13)$$

$$F(f_{nx}, x) = C, \quad (14)$$

Из (11) и (14) можно записать:

$$[f_{nx}(x) - f_n(x)]^2 = C, \quad (15)$$

откуда

$$f_{nx}(x) = f_n(x) + C_1, \quad (16)$$

т. е. функционал достигает минимума, если $f_{nx}(x)$ соответствует $f_n(x)$ с некоторой постоянной.

Рассмотрим (9):

$$\begin{aligned} D &= \int_0^T [f_{nx}(x) - f_n(x)]^2 dx = \int_0^T f_{nx}^2(x) dx + \\ &+ \int_0^T f_n^2(x) dx - 2 \int_0^T f_{nx}(x) f_n(x) dx. \end{aligned} \quad (17)$$

Первый и второй члены являются автокорреляционной функцией, соответственно, входного сигнала и сигнала в памяти; третий член — взаимокорреляционной функцией сигнала в памяти и входного сигнала.

Подставим (16) в (17) для определения постоянной C_1 :

$$\begin{aligned} D &= \int_0^T (f_n(x) + C_1)^2 dx + \int_0^T f_n^2(x) dx - 2 \int_0^T (f_n(x) + C_1) f_n(x) dx = \\ &= \int_0^T f_n^2(x) dx + \int_0^T 2f_n(x) C_1 dx + \int_0^T C_1^2 dx - 2 \int_0^T f_n^2(x) dx - \\ &- 2 \int_0^T C_1 f_n(x) dx + \int_0^T f_n^2(x) dx = \int_0^T C_1^2 dx. \end{aligned} \quad (18)$$

При

$$D \rightarrow 0 \Rightarrow C_1^2 = 0.$$

Исходя из вышесказанного, можно записать:

$$D = 2 \int_0^T f_n^2(x) dx - 2 \int_0^T f_{nx}(x) dx f_n(x) dx, \quad (19)$$

что и является алгоритмом идентификации объекта.

Из (8) и (19) можно записать:

$$y = \prod_{j=1}^n f(k_j) \left[2 \int_0^T f_a^2(x) dx - 2 \int_0^T f_m(x) f_a(x) dx \right]. \quad (20)$$

Если информация имеет дискретный характер, то (20) преобразуется к виду:

$$y = \prod_{j=1}^n f(k_j) \left[2 \sum_{i=1}^N f_a^2(x_i) - 2 \sum_{i=1}^N f_m(x_i) f_a(x_i) \right]. \quad (21)$$

Итак, решена задача первого этапа по восприятию и идентификации объекта. На втором этапе необходимо выдать решение о реакции на этот объект. Обычно реакция бывает трех типов: положительная z_1 , нейтральная z_2 и негативная z_3 .

Решить задачу можно с помощью процедуры решающего фильтра.

Пусть идентифицированному объекту присваивается номер 01, а остальным — 00. Множество объектов будет представлять матрицу строку:

$$M = \{00 \ 00 \dots 01 \dots 00\}. \quad (22)$$

Такой матрице будет соответствовать матрица:

$$B = [b_1 \ b_2 \dots b_n]. \quad (23)$$

где n — количество объектов распознавания.

Все b_i принимают 3 разных значения, соответствующих решающему правилу, а именно: 00 — негативная; 01 — нейтральная; 10 — положительная. Алгоритм принятия решения будет выражаться формулой:

$$Z = \sum_{i=1}^n m_i b_i \quad (24)$$

или в матричном виде:

$$Z = M \cdot B^T. \quad (25)$$

Элементы матрицы B определяются в каждом случае из постановки задачи распознавания, а в общем случае она является функцией элементов матрицы K .

Таким образом, получены алгоритмы идентификации объекта с аналогом в памяти устройства (21) и принятия решения (24). Пользуясь ими, можно построить систему распознавания, учитывая при этом как характеристики распознаваемого объекта, так и состояние самой системы распознавания.

МИЭТ

12.11.1981

ЛИТЕРАТУРА

1. Званов А. В., Тернигорен В. М. Специализация по высшей математике. М.: МИЭТ, ч. 11, 1976 — 366 с.

НАУЧНІ ЗАМІТКИ

В. С. АБРАМОВ, В. П. ГРИГОР'ЯН, Г. В. БАДЕЯН, П. А. АМРОЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПРИ ОБОГРЕВЕ
 БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ГРЕЮЩИХ ОПАЛУБКАХ

С учетом внутреннего источника тепла, за счет экзотермии цементации бетона уравнение переноса энергии можно записать в виде [1]:

$$C_{\gamma} \frac{\partial t}{\partial \tau} = \gamma \nabla^2 t + \Pi Q b^2 e^{-\alpha x}. \quad (1)$$

Красные условия при симметричном обогреве стенки (плиты) можно выразить:

$$X = 0, \quad \frac{\partial t}{\partial X} = \alpha(t - t_0) - P; \quad (2)$$

$$X = \frac{\delta}{2}, \quad \frac{\partial t}{\partial X} = 0; \quad (3)$$

$$\tau = 0, \quad t(X, 0) = t_0. \quad (4)$$

Решение задачи с линейно изменяющейся температурой на поверхности нагреваемого элемента получено в виде:

$$t(X, \tau) = \frac{\pi}{\delta} \sum_{m=1}^{\infty} \bar{t}(m, \tau) \sin \frac{m\pi}{\delta} X. \quad (5)$$

$$\bar{t}(m, \tau) = [1 - (-1)^m] \sqrt{\frac{a}{\pi}} \bar{t}_0 (1 - e^{-\alpha^2 \tau}) + \frac{V}{\pi} (\tau - 1 + e^{-\alpha^2 \tau}) + \\ + \frac{\Pi Q}{C_{\gamma}} \frac{b^2}{(\tau - b)^2} [(1 - b)\tau - 1] e^{-\alpha^2 \tau} + e^{-\alpha^2 \tau} + t_0 e^{-\alpha^2 \tau}; \quad (6)$$

$$\bar{t}_0 = \frac{am^2 \pi^2}{\gamma^2}, \quad m = 1, 2, \dots, \infty; \quad a = \frac{k}{C_{\gamma}}. \quad (7)$$

Здесь t_0 , $t(X, \tau)$ — соответственно, начальная и текущая температуры в произвольный момент времени; γ , C_{γ} , a — коэффициент теплопроводности, удельная теплоемкость, объемная масса и коэффициент температуропроводности бетона; δ — толщина конструкции; Π — количе-

ство цемента в бетон; Q, B — соответственно, максимальные тепловыделение и коэффициент темта тепловыделения цемента; α — коэффициент теплопередачи через греющую опалубку; P — мощность нагревателя.

В расчете принимались неизменными: а) схема нагрева — двухсторонняя симметричная; б) начальная температура бетона — $t_0 = 20^\circ \text{C}$; в) количество цемента — $II = 350 \text{ кг/м}^3$.

Варьировались:

1. Составы бетона:

№ 1 = 1:1, 3:2,5. В/Ц = 0,5. Араратский портландцемент М400;

№ 2 = 1:1, 65:2,5. В/Ц = 0,5. Араратский шлакопортландцемент М400 с экспериментально определенными теплофизическими и термическими характеристиками (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики бетона	С о с т а в	
	1	2
$\lambda, \text{Вт/м}\cdot\text{К}$	2,44	2,17
$C, \text{Вт/м}^3 \cdot \text{К}$	0,38	0,39
$a, 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$	2,68	2,125
$Q, \text{кДж}$	85	75
при температуре изотермического прогрева:		
40°C	0,094	0,085
60°C	0,145	0,135
80°C	0,2	0,10

2. Характерный размер конструкций: $b = 0,1; 0,2; 0,5; 1 \text{ м}$.

3. Температура изотермического прогрева и продолжительность изотермического прогрева — из условия достижения бетоном прочности, равной 50% от $R_{\text{н}}$ (табл. 2).

Таблица 2

Номер состава бетона	Температура изотермиче- ского про- грева, °C	Скорость разогрева поверхности, C/ч	Продолжи- тельность разогрева, ч	Продолжитель- ность изотер- мического прогрева, ч
1	40	5	4	21
		10	2	23
		15	1,3	24
	80	5	12	3
		10	6	4,8
		15	4	5,2
2	40	5	4	28
		10	2	30
		15	1,3	31
	80	5	12	5
		10	6	8,5
		15	4	9,8

Температуры рассчитывались для координат: $X = 0$; $X = \frac{\delta}{4}$ и $X = \frac{\delta}{2}$ с шагом по времени $\Delta\tau = 1$ ч. С повышением V с 5 до 15 $^{\circ}\text{C}/\text{ч}$

(состав № 1), перепад температур по сечению при достижении поверхностью температуры изотермического прогрева возрос в (1,5—2) раза.

Однако, определяющим фактором в формировании температурного поля при контактом нагреве является массивность конструкции, возрастание которой влечет за собой значительное повышение неравномерности температурного поля. Так, с увеличением характерного размера конструкции с 0,1 до 1 м, максимальный температурный перепад по сечению возрос при $t = 40^{\circ}\text{C}$ и $V = 15^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ в 2 раза, $V = 10^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ — в 2,7 раза, $V = 5^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ — в 5 раз, и при $t = 80^{\circ}\text{C}$ — соответственно, в 5, 7,5 и 11 раз. В ряде случаев, даже при более высоких скоростях разогрева поверхности, температурное поле в менее массивных конструкциях более спокойно, чем в массивных, разогреваемых с меньшей скоростью. Так, например, максимальный температурный перепад по сечению конструкции с $\delta = 0,5$ м при $t = 80^{\circ}\text{C}$ и $V = 15^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ составил 48°C , а в конструкции с $\delta = 1$ м при $V = 5^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ — 53°C .

Если суммарный перепад температур по сечению конструкции возрастает с повышением ее массивности, то зависимость градиентов температур от толщины конструкции обратна. Следует отметить, что общие градиенты температур не могут в полной мере характеризовать режим нагрева с точки зрения его влияния на термонапряженное состояние конструкции и массоперенос в бетоне. Более показательными являлись градиенты температур в периферийных слоях конструкции. Температурные градиенты возрастают с увеличением скорости разогрева и характерного размера конструкций тем значительнее, чем выше температура изотермического прогрева. Если принять в качестве допустимого градиента $1^{\circ}\text{C}/\text{см}$, то допустимыми скоростями разогрева следует считать: для $\delta \leq 0,2$ м — $10^{\circ}\text{C}/\text{ч}$; для $\delta > 0,2$ м — $5^{\circ}\text{C}/\text{ч}$. Эти данные совпадают с практикой применения контактного нагрева конструкций в зимних условиях.

Результаты работы рекомендуется применять при решении задач температурных полей в теле бетонных и железобетонных конструкций, возводимых в греющих опалубках.

ЕрПИ д-р К. Маркел

30 X 1983

ЛИТЕРАТУРА

1. Абриков В. С. и др. Некоторые задачи расчета температурных полей при периферийном электропрогреве бетонных конструкций в зимних условиях — В сб.: Исследования по строительным конструкциям и изделиям — Томск: ТГУ, 1971, с. 51—54.

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

А. А. ГЕВОРКЯН, Б. М. МАМИКОНЯН, М. А. ГЕДАКЯН

ОБ ОДНОМ СЛУЧАЕ БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТОКОВ

В практике бесконтактного измерения силы электрического тока имеется особый случай, когда проводник с контролируемым током недоступен оператору. Подобная задача возникает при измерении силы тока, например, в кабеле, проложенном в земле, воде, строительных конструкциях и пр., а также при выборочном ремонте подземных магистральных трубопроводов, когда выявление участков с поврежденной изоляцией производится по плотностям защитных токов [1]. Особность измерения в этом случае заключается в том, что проводник с током не только невозможно охватить замкнутым магнитоизмерительным контуром, но и невозможно путем измерения в одной точке напряженности H магнитного поля контролируемого тока вычислить его силу I по формуле

$$I = 2\pi RH. \quad (1)$$

вытекающей из закона полного тока, поскольку неизвестно расстояние R от точки установки магниточувствительного преобразователя (МЧ) до оси проводника с током.

Для рассматриваемого случая в [2, 3] разработаны метод и устройство измерения тока, основанные на использовании трех МЧ, один из которых служит для определения положения оси проводника, а два других измеряют напряженности H_1 и H_2 в двух точках, удаленных от оси проводника на различные расстояния R_1 и R_2 , причем разность этих расстояний $d = R_2 - R_1$ точно фиксируется, например, путем установки МЧ на жесткой штанге, сорниентованной вдоль радиуса окружностей силовых линий магнитного поля контролируемого тока. При этом ток вычисляется с помощью формулы

$$I = \frac{2\pi d H_1 H_2}{H_1 - H_2},$$

которая выводится на основе (1), но в ней не фигурируют расстояния R_1 и R_2 .

Недостатком данного метода является низкая производительность, обусловленная необходимостью точного определения положения оси проводника, а также значительные погрешности, вызываемые отклонением штанги от радиального направления окружностей силовых линий магнитного поля тока. Как показано в [1], смещение штанги с МП относительно оси проводника на ± 0.1 м вызывает дополнительную погрешность измерения порядка 1,3%.

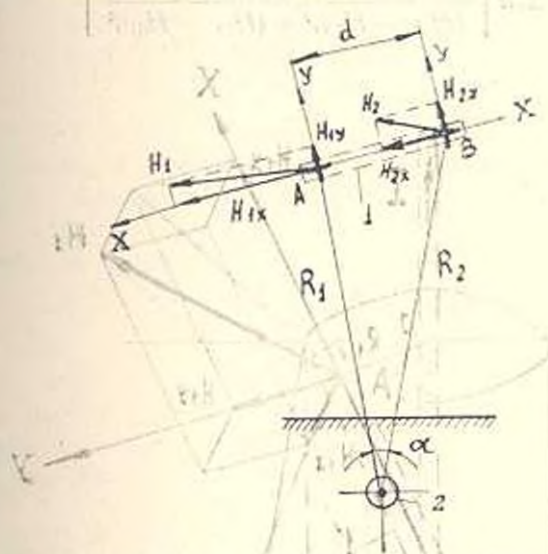


Рис. 1. К методу измерения тока с четырьмя МП.

Ниже изложено развитие этого метода, целью которого является устранение отмеченных недостатков. Если использовать четыре МП, установив их по два в указанных двух точках А и В штанги 1 таким образом, чтобы их магниточувствительные оси были взаимоперпендикулярны, как это показано на рис. 1, и направлены вдоль осей X и Y, то в этом случае любые смещения штанги от радиального направления, происходящие в плоскости, перпендикулярной оси проводника 2, не вносят погрешности в результат измерения, к тому же отпадает необходимость в точном определении положения оси проводника. Формула для вычисления тока в этом случае выводится следующим образом. Из треугольника OAB:

$$R_1^2 + R_2^2 - 2R_1R_2 \cos \alpha = d^2.$$

Учитывая, что

$$R_1 = I/2\pi H_1, \quad R_2 = I/2\pi H_2,$$

получаем:

$$I = 2\pi d H_1 H_2 (H_1^2 + H_2^2 - 2H_1 H_2 \cos \alpha)^{-1/2}. \quad (2)$$

Угол α одновременно образован векторами $\vec{H}_1$ и $\vec{H}_2$, поэтому:

$$\cos \alpha = (H_{1x} H_{2x} + H_{1y} H_{2y}) / (H_1^2 H_2^2)^{1/2}. \quad (3)$$

где $H_{1X}, H_{1Y}, H_{2X}, H_{2Y}$ — компоненты векторов $\vec{H}_1$ и $\vec{H}_2$ по осям X и Y (измеряются с помощью МП).

Совместно решая (2) и (3), после несложных преобразований получаем:

$$I = 2cd \left[\frac{(H_{1X}^2 + H_{1Y}^2)(H_{2X}^2 + H_{2Y}^2)}{(H_{1X} - H_{2X})^2 + (H_{1Y} - H_{2Y})^2} \right]^{1/2} \quad (4)$$

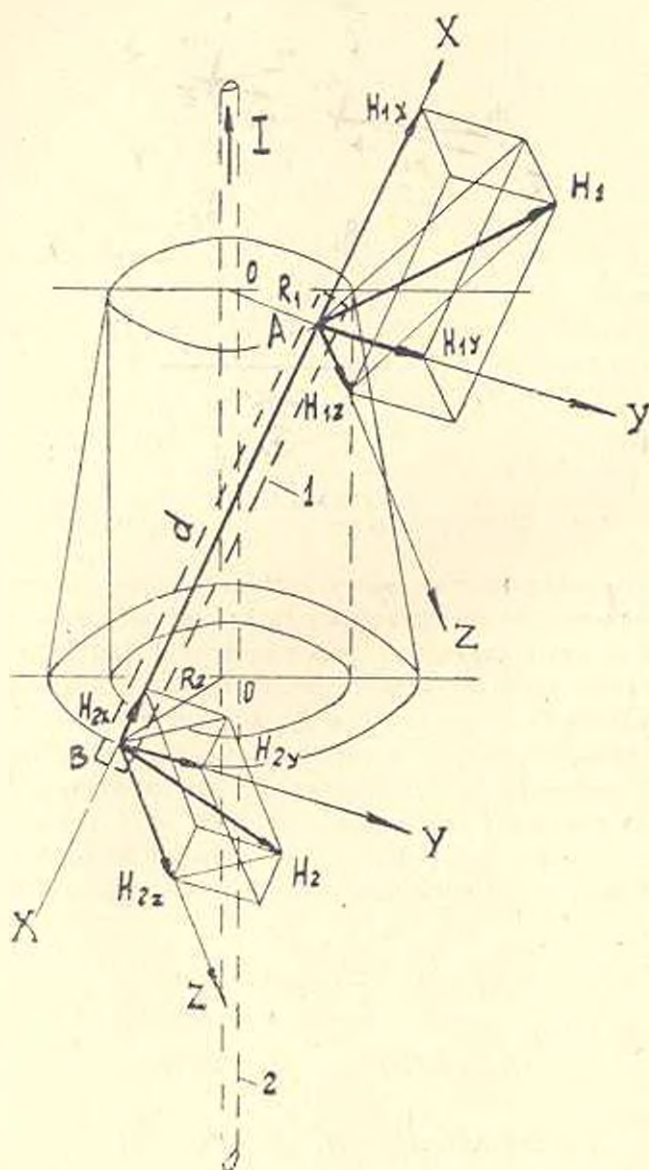


Рис. 2. К методу измерения тока с шестью МП.

Если же требуется, чтобы на результат измерения не влияли никакие (в том числе и пространственные) отклонения интанси, то необхо-

димо измерение осуществлять с помощью шести МП, установленных по три в точках *A* и *B* штанги и измеряющих компоненты напряженности поля тока вдоль осей *X*, *Y*, *Z* (рис. 2). В этом случае, пользуясь рис. 2, аналогично с методикой вывода (4) получим формулу для расчета тока *I*:

$$I = 2\pi d \left| \frac{(H_{1X}^2 + H_{1Y}^2 + H_{1Z}^2)(H_{2X}^2 + H_{2Y}^2 + H_{2Z}^2)}{(H_{1X} - H_{2X})^2 + (H_{1Y} - H_{2Y})^2 + (H_{1Z} - H_{2Z})^2} \right|^{1/2}$$

Экспериментальные исследования, проведенные с применением опытных образцов устройства, реализующих схемы рис. 1 и 2, подтвердили соответствие изложенных выкладок действительности.

Лен. фкл. ЕрПИ им. К. Маркса

18.XI.1983

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Григорович К. К., Ягола Г. К. Методы и средства оценки состояния изоляционных покрытий подземных газопроводов.— РИТС ВНИИЭНГ. Сер. «Коррозия и защита в нефтегазовой промышленности», 1979, № 9, с. 17—20.
2. А. с. 940077 (СССР). Устройство для бесконтактного измерения электрических сигналов /И. И. Яковлев.— Огубл. в Б.И., 1982, № 24.
3. Пат. № 2070783 (Великобритания). Measuring current in a conductor /I. Mark C. A.-D. Scott.— 1981.
4. Григорович К. К. Бесконтактный метод измерения токов в подземных трубопроводах.— Коррозия и защита, 1982, № 2, с. 16—19.

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ԻՐԵՔԵՆԱՇԻՆՈՒԹՅՈՒՆ

- Յօժ. Լ. Սարգսյան, Ա. Գ. Նուստոյան: Հարթ և տարածական բազմակոնտուր մեխանիզմների վերլուծող տեղադրությունների նմանօրինակության մասին 2
- Վ. Ս. Լեւոնյան, Գ. Գ. Յուրյան, Ե. Ֆ. Վարդան: Երկրաչափական պարամետրերի ազդեցությունը ափսոսման կոնստրուկցիայի վրա 3

ԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱ

- Ա. Հ. Հսկանյան: Գազատրանսպորտային համակարգի հոսքաբաշխման խնդրի իտերացիայի պրոցեսի զուգամիտման արագացումը 13
- Յօժ. Վ. Եղևրիմյան, Վ. Գ. Լևկուսիկ, Ա. Ա. Հաբոյրյան: Էլեկտրական համակարգերի նախագծման և շահագործման հարմարվող կառավարման նմանակային մոդելավորումը 18
- Լ. Հ. Հունանյան: Գազատրանսպորտային համակարգերի նախագծումը՝ հաշվի առնելով զորոտվածության հոսալիությունը 19

ԷԼԵԿՏՐԱՏԵԽՆԻԿԱ

- Է. Մ. Գլանյան: Բարդ համակարգերի տեսությունը էլեկտրամոթիի երթային ցիկլի որոշումը 27

ՀԱՇՎՈՂԱԿԱՆ ՏԵԽՆԻԿԱ

- Ա. Ս. Ղազարյան: Հնդհանրացված սիգնատուրան և նրա ձևավորման եղանակները 29

ԳԻՏԱԿԱՆ ՆՈՒԹՈՒՆ

- Ա. Ի. Կոռնիենկո, Ա. Կ. Ասլանյան: Օբյեկտների ճանաչումը արտաքին պայմանների ազդեցության տակ համակարգի բնութագրերի փոփոխման դեպքում 40
- Վ. Ս. Արամով, Վ. Ի. Գրիգորյան, Գ. Վ. Բաղեյան, Պ. Ա. Ամբոյան: Ջերմային դաշտերի հետազոտումը տաքացվող կաղապարներում բետոնային կոնստրուկցիաների տաքացման ժամանակ 46
- Ա. Ս. Գևորգյան, Բ. Մ. Մամիկոնյան, Մ. Ա. Գյոդակյան: Էլեկտրական հոսանքների աեկոնտակտ չափման մի դեպքի մասին 47

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

МАШИНОСТРОЕНИЕ

К. И. Саркисян, А. Г. Харитян. Об аналогии конечных перемещений плоских пространственных многоконтурных механизмов	3
В. М. Селяков, Г. Г. Колозян, Е. Ф. Волобцев. Влияние геометрических параметров на конструкцию автомобиля	9

ЭНЕРГЕТИКА

С. Г. Агопян. Ускорение сходимости итерационного процесса задачи потокораспределения газотранспортной системы	13
Ю. В. Щербина, В. Д. Лепорский, А. А. Аригюнян. Имитационное моделирование адаптивного управления в проектировании и эксплуатации электрических систем	18
Л. А. Унянцян. Проектирование газотранспортных систем с учетом надежности функционирования	22

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Э. М. Диланян. Определение ездового цикла электроавтомобиля по теории сложных систем	26
--	----

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

А. А. Дорбинян. Обобщенная синтиатура и способы ее формирования	33
---	----

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

А. Н. Корниченко, А. К. Асланян. Распознавание объектов при изменении характеристик светотемы под воздействием внешних условий	40
В. С. Абрамов, В. Н. Григорян, Г. В. Бадоян, П. А. Амроян. Исследование температурного поля при обогреве бетонных конструкций в греющих опалубках	44
А. А. Геворкян, Б. М. Мамиконян, М. А. Гедакян. Об одном случае бесконтактного измерения электрических токов	45